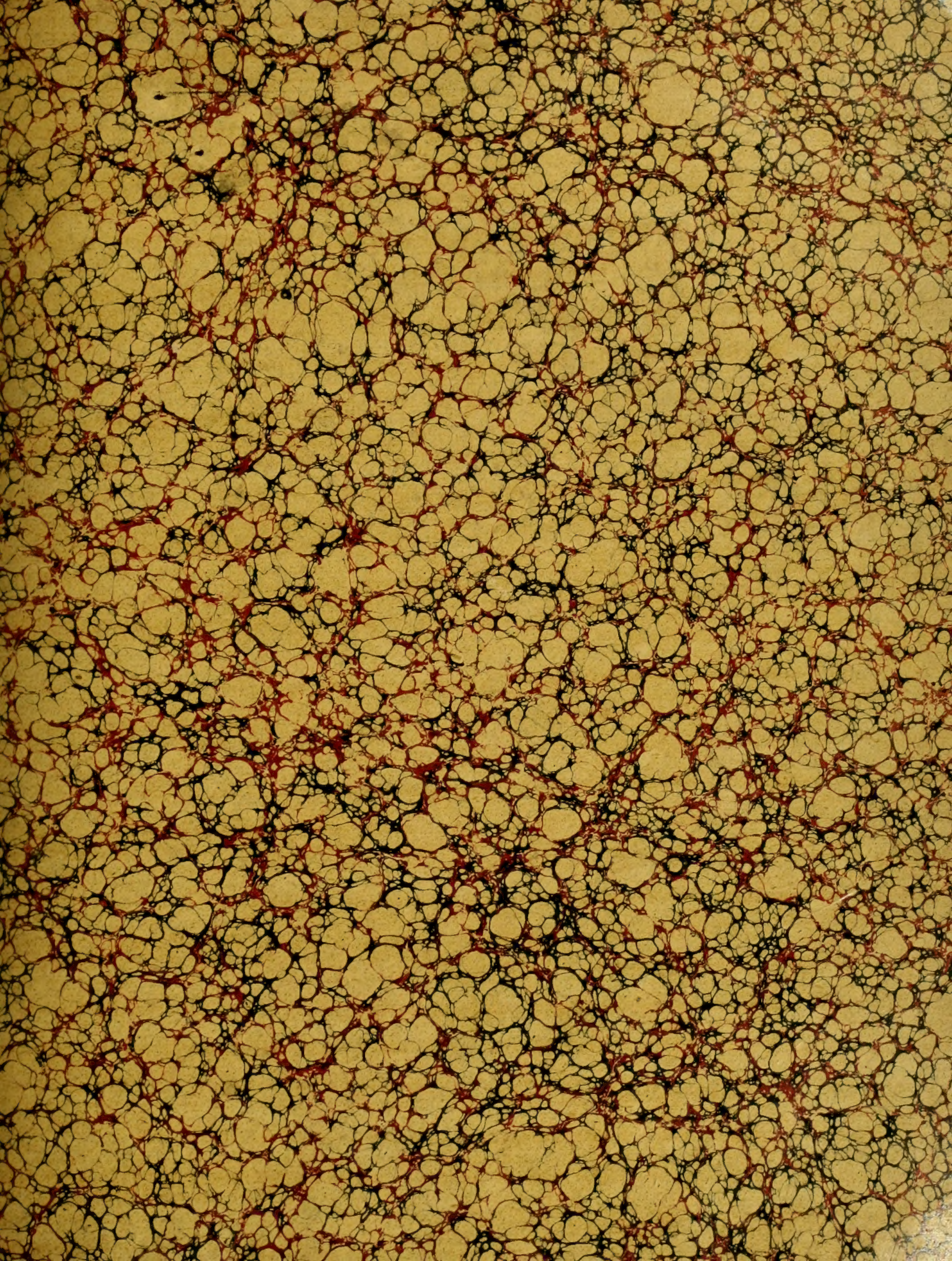




LIBRARY OF JOHN HENDLEY BARNHART
J-B
XM .E519 T.6
580.6
St 8
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Barnhart Library
Purchased
1926
Septemb 1899
R.W. Gibson Inv



MÉMOIRES

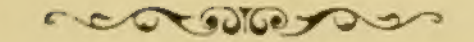
DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG

TOME SIXIÈME

1re ET 2e LIVRAISONS (55 PLANCHES)



STRASBOURG

TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN

1866-1870

TABLE DES MATIÈRES.

(LIVRAISONS I ET II.)

LIVRAISON I[re], AVEC 35 PLANCHES.

LIVRAISON II, AVEC 20 PLANCHES.

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

DES

SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG.



Tout exemplaire non revêtu du timbre de la Société, sera déclaré contrefaçon.

Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

DES

SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG.

TOME SIXIÈME.

1re LIVRAISON AVEC PLANCHES.

VEUVE BERGER-LEVRAULT ET FILS, LIBRAIRES-ÉDITEURS,

PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 8. | **STRASBOURG**, RUE DES JUIFS, 26.

1866.

OBSERVATIONS

SUR LES MÉTAMORPHOSES ET LE GENRE DE VIE

DES LARVES DE BARIDIES

PAR M. LEREBOULLET.

Le groupe des Curculionides renferme, comme on sait, de nombreux ennemis de l'agriculture. Les céréales, les légumes secs, les plantes potagères, la vigne, sont attaqués par leurs larves qui, trop souvent, font éprouver au cultivateur des pertes considérables.

Le chou, la navette, le colza sont visités par des espèces appartenant aux genres *Ceutorhynque* et *Baridie*, dont plusieurs observateurs ont déjà fait connaître les habitudes.

On lit dans la *Revue entomologique*, de M. G. Silbermann[1], une note de Keferstein, mentionnant qu'en 1833 «la récolte de la navette a manqué aux environs d'Erfurt, et que la cause doit en être attribuée à un insecte encore inconnu.»

Le tableau que donne Keferstein des ravages causés par cet insecte ressemble tellement à ce que j'ai observé sur le colza que je suis porté à croire que l'insecte en question appartenait au genre Baridie.

M. Silbermann ajoute à la suite de cette note que la récolte de la navette a aussi manqué en partie aux environs de Strasbourg et dans le grand-duché de Bade, ce

1. Tome I[er], 1833, p. 135.

qu'il faut attribuer à la présence d'une immense quantité de petits charançons grisâtres appartenant au genre *Ceutorhynchus* qui couvraient les fleurs de la navette. Malheureusement, tandis que Keferstein n'a pas pu observer la transformation des larves de la navette, M. Silbermann n'a pas vu les larves de son insecte.

En 1845, notre savant et infatigable entomologiste, M. Léon Dufour, à qui la science doit de si nombreux et de si riches travaux[1], présentait à la Société entomologique de France une *Note sur les métamorphoses et le genre de vie des* BARIS PICINUS *et* CUPRIROSTRIS[2].

L'auteur donne une courte description de la larve du B. *picinus* GERM., trouvée avec celle du B. *cuprirostris* FAB., en septembre et octobre 1845, dans la partie inférieure et le collet des vieilles tiges des choux de nos jardins. «Ces larves, apodes comme celles de tous les Curculionides, sont oblongues, cylindroïdes, courbées sur elles-mêmes, blanchâtres, avec la tête d'un roux pâle et les mandibules noires. A l'œil nu, on les croirait glabres, mais avec le secours du microscope, on aperçoit un poil isolé de chaque côté des segments fondamentaux du corps.... Quoique sans pattes, elles ont au thorax six mamelons ambulatoires inarticulés, dont la saillie est plus ou moins prononcée et qui constituent des pseudopodes. Le bout postérieur du corps est dépourvu de tout appendice et entier.»

On verra plus loin que cette description concorde, pour ce qu'elle a d'essentiel, avec la nôtre.

Il en est de même de ce que l'auteur dit de la nymphe.

Quant au genre de vie de cette larve, M. Léon Dufour se borne aux indications suivantes : «Elle se creuse, dans la portion que nous venons d'indiquer de la tige du chou (la partie inférieure et le collet), une galerie ovale en se nourrissant de ses déblais. Il y a sept ou huit larves dans la même tige. Elle se redresse pour se transformer en nymphe.»

M. Chavannes, professeur à Lausanne, a publié dans le *Bulletin de la Société vaudoise*[3] une *Notice sur le Baridius ou Baris chlorizans.*

Ne possédant pas ce recueil et désirant savoir si les mœurs de cet insecte avaient quelque analogie avec celles des espèces que j'ai rencontrées, j'écrivis à l'auteur, qui voulut bien m'envoyer la copie textuelle de son travail.

1. Ces lignes étaient écrites, quand on apprit la mort de cet éminent naturaliste, décédé à Saint-Sever le 18 avril 1865, dans sa 86e année. Qu'il me soit permis de joindre mon deuil au deuil de la science et de payer ici un juste tribut de regrets vivement sentis pour la perte de cet homme excellent, qui m'honorait de son amitié.

2. *Annales de la Société entomologique de France*, 2e série, tome IV, 1846, p. 453.

3. Année 1849, n° 19, p. 136. J'emprunte cette indication au *Catalogue des larves des coléoptères* de MM. Chapuis et Candèze, imprimé dans les *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, tome VIII, 1853, p. 561.

L'insecte observé par M. Chavannes a été rencontré sur les choux, particulièrement sur les choux rouges. Sa larve, qui ressemble beaucoup, d'après la description de l'auteur, à celles que j'ai rencontrées dans le colza, ronge la racine de cette plante et provoque à la surface de cette racine la formation de tubercules saillants, de forme et de grosseur variables, dans l'intérieur desquels elle est logée.

« Parvenus à toute leur taille, ces larves percent la paroi extérieure des excroissances dans lesquelles elles ont vécu, pénètrent dans la terre où elles forment un petit cocon terreux, ovale, gros comme un grain de chènevis, et s'y transforment en insecte parfait au bout de quelques semaines ou de quelques mois, suivant la saison[1]. »

M. Chavannes donne la description de l'insecte parfait, puis il ajoute que ce dernier, qui paraît au printemps, pond ses œufs à l'aisselle des feuilles; les larves pénètrent dans le centre de la tige et font périr la plante. Plus tard, « ceux de ces insectes qui se montrent dans le courant de l'été ou au commencement de l'automne, alors que le tronc des choux et autres crucifères est bien développé et a atteint toute sa dureté, déposent leurs œufs vers le collet de la racine; l'œuf lui-même ou la jeune larve détermine une irritation et un afflux des sucs qui produisent les tubérosités dont nous avons parlé. »

Comme on vient de le voir, M. Chavannes croit que les larves observées dans les racines proviennent d'une ponte plus tardive.

Dans nos colzas, je me suis assuré que les larves de la racine sont celles qui ont préalablement ravagé la tige.

Dans son intéressant *Catalogue des insectes coléoptères du département de la Côte-d'Or*[2], M. Aug. Rouget signale comme vivant sur le colza le B. *chloris* Fab. et le B. *cœrulescens* Scop., tous deux communs. La larve du *cœrulescens* « vit dans l'intérieur des racines du colza; M. Dudrumel en a obtenu d'éclosion, provenant de racines récoltées en novembre. » Le B. *picinus* Germ. n'est pas rare; on le trouve sur l'*Erysimum lanceolatum*.

1. Les mêmes habitudes sont attribuées par Plieninger (*Isis*, 1837, p. 525; citation de MM. Chapuis et Candèze) au *B. chloris* Ziegl. « Au printemps la larve gagne les racines de la plante (du colza) et détermine à leur surface la formation de petites galles de formes variées. Lorsque le temps de la métamorphose en nymphe arrive, la larve abandonne l'excroissance où elle a vécu jusqu'alors et va en terre se construire, au voisinage, une petite loge pour y subir ses transformations. » (Chapuis et Candèze, p. 560.)

Je n'ai jamais vu, sur les colzas, les tubercules dont il vient d'être question, et comme les espèces que j'ai trouvées sur cette plante appartenaient au *B. chloris* et au *B. picinus*, je présume, d'après les observations de M. Chavannes, que le *Baridius* signalé par Plieninger se rapporte au *chlorizans* et non au *chloris*.

D'après Heeger, cité par le docteur E. L. Taschenberg (*Naturgeschichte der wirbellosen Thiere*; Leipzig, 1865, p. 54), le *B. lepidii* Müller, produit aussi, mais sur les racines des choux, des excroissances galliformes.

2. *Mémoires de l'Académie de Dijon*, section des sciences, année 1857, p. 37.

On doit à M. le colonel Ch. Goureau un travail important et étendu, publié en 1862, *sur les insectes nuisibles aux arbres fruitiers, aux plantes potagères, aux céréales et aux plantes fourragères*[1]. Il n'est pas fait mention des Baridies dans ce traité; mais dans un supplément publié l'année suivante[2], M. Goureau treprodui les observations de M. Léon Dufour, que nous avons rapportées plus haut, puis décrit trois espèces de *Baris :* le *picinus* Germ., le *cuprirostris* Germ., et le *chlorizans* Schœnh. L'auteur n'a observé aucune de ces trois espèces, ni dans son jardin, à Santigny, ni dans les environs. Il suppose que ces insectes pondent leurs œufs dans la partie inférieure des tiges des choux....., en y perçant un petit trou avec leur rostre dans lequel ils introduisent un œuf, répétant cette opération autant de fois qu'ils ont d'œufs à pondre[3]. Les larves sorties de ces œufs trouvent autour d'elles la nourriture qui leur convient et prennent leur accroissement sans produire de déformation dans la tige de la plante.» Voilà pourquoi l'auteur, comme toutes les personnes qui ont étudié cette question, donne l'excellent conseil d'arracher les tiges des choux après la récolte et de les brûler.

Nous venons de dire que M. Goureau n'a pas vu les Baridies, mais il a observé le *Ceutorhynchus napi* Schœnh., qui «produit d'assez grands dégâts dans les choux de printemps et dans les colzas dont il dévore le cœur.» (Page 109.)

Un fait assez curieux, c'est que cet insecte, d'abord très-rare dans les environs de Paris, y est maintenant commun. «Il nous est venu du Nord, de proche en proche avec les colzas, dont la culture, limitée longtemps au département du Nord, s'est répandue jusqu'aux environs de la capitale.»

L'auteur décrit les ravages que cet insecte cause dans les choux, et sa description se rapporte, presque sur tous les points, à ce que j'ai vu sur le colza. Seulement M. Goureau croit que les larves commencent vers le collet de la racine, et qu'elles vont en montant, ce qui n'a pas lieu pour les larves de Baridie, et il dit que la larve subit ses métamorphoses dans la terre, tandis que, pour nos Baridies, les métamorphoses se font dans l'intérieur même de la plante. Je présume que c'est à cette espèce que se rattachent les Ceutorhynques dont parle M. Silbermann.

Aux observations particulières que je viens de résumer, il faut joindre des notions très-exactes sur les mœurs des Baridies consignées dans deux ouvrages allemands récemment publiés.

1. *Bulletin de la Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, année 1861, 15e volume, 3e trimestre, p. 77 et suiv.

2. Même recueil, année 1863, 17e volume, 3e trimestre, p. 111 et suiv.

3. On verra plus loin que les trous qu'on observe à la surface des tiges du colza sont dus à la larve et non à l'insecte parfait.

L'un est un excellent Traité *sur les petits animaux nuisibles à l'agriculture et sur les moyens de les détruire*, par le professeur Nördlinger[1].

L'auteur cite comme exemple des Baridies nuisibles le B. *chloris* F. Il a trouvé l'insecte parfait dans les souches du colza, au mois d'août, et il en a encore rencontré au printemps suivant dans les mêmes souches. M. Nördlinger présume avec raison que l'insecte dépose ses œufs à l'aisselle des feuilles du colza; la larve creuse les branches et la tige principale et y pratique des ouvertures que l'auteur appelle *Luftlöcher*, littéralement *trous pour l'air*, c'est-à-dire destinés à la respiration[2]. Il a fait la remarque très-exacte, qu'à mesure que cette larve grossit, elle descend vers la racine, et qu'elle se fabrique, sous l'écorce de la tige, dans la racine ou dans son voisinage, une sorte de berceau, qu'elle recouvre de fibres ligneuses comme de charpie, et dans lequel elle subit ses transformations à la fin de l'été. La plupart des insectes parfaits restent dans leur demeure jusqu'au printemps.

L'autre livre est une *Histoire naturelle des animaux nuisibles*, par le docteur E. L. Taschenberg, mémoire étendu, couronné par le collége des agronomes du royaume de Prusse[3].

Cet auteur décrit les B. *chloris* Fab., *lepidii* Müller, et *picinus* Germ.; il donne avec exactitude les caractères du genre, puis ceux de l'insecte parfait, de sa larve et de sa chrysalide. Il constate, comme l'auteur précédent, la longue durée du séjour de l'insecte dans l'intérieur des racines desséchées. La première espèce seule a été trouvée dans le colza, les deux autres sur les choux. L'auteur croit que l'insecte parfait pond ses œufs avant l'hiver. (Page 53.)

Les documents qui précèdent sont les seuls dont j'aie eu connaissance sur les mœurs des Baridies. Les nombreux traités d'entomologie se bornent à donner les diagnoses et la synonymie et ne disent rien des larves. L'important et très-utile *Catalogue* de MM. Chapuis et Candèze, que j'ai cité plus haut, renferme en résumé des caractères généraux des larves de Curculionides (p. 534 et suiv.), mais on n'y trouve qu'un petit nombre d'indications relatives au genre *Baridius*. (Page 560.)

Quant aux divers traités sur l'agriculture, ceux que j'ai pu consulter ne disent rien des ravages causés par ces insectes.

Voici dans quelles circonstances j'ai été amené à m'occuper des Baridies.

Au mois de juin 1864, M. Guimas, directeur de la colonie pénitentiaire agricole

1. *Die kleinen Feinde der Landwirthschaft;* Stuttgart et Augsbourg, 1855, in-8° de 636 pages.

2. Je dis plus loin que ces trous me paraissent plutôt devoir servir à la sortie de l'insecte parfait.

3. *Naturgeschichte der wirbellosen Thiere die in Deutschland den Feld-, Wiesen- und Weide-Culturpflanzen schädlich werden; von Dr E. L. Taschenberg, mit 7 colorirten Tafeln. Leipzig, Verlag von Eduard Kummer*, 1865, in-8°, p. 50 et suiv.

d'Ostwald, près de Strasbourg, ayant remarqué que les champs de colza étaient en souffrance, ouvrit plusieurs tiges et les trouva rongées par des larves d'insectes. M. Guimas présenta un certain nombre de pieds malades à la *Société des sciences, agriculture et arts du Bas-Rhin*, qui me chargea de les examiner. Je me mis aussitôt à l'œuvre, et je soumis à mes recherches non-seulement les plants de colza qui m'avaient été remis, mais encore ceux de plusieurs autres localités du Bas-Rhin et des échantillons des quatre départements voisins : le Haut-Rhin, les Vosges, la Meurthe et la Moselle[1].

Dans ces départements, comme dans le Bas-Rhin, le colza avait très-mal réussi; la récolte s'annonçait comme devant être extrêmement médiocre ou même presque nulle, et plusieurs cultivateurs avaient déjà arraché leurs plantations pour les remplacer par d'autres cultures.

Mon examen a porté sur une centaine de pieds et, pour chacun d'eux, j'ai incisé, suivant leur longueur, et examiné scrupuleusement les tiges, les rameaux et les racines.

La tige principale était brune ou noirâtre, soit par places, soit dans une étendue plus ou moins grande ou même dans toute sa longueur; un grand nombre de ces tiges se trouvaient complétement desséchées et se brisaient sous la pression des doigts.

Les rameaux étaient moins malades; le plus souvent même ils avaient conservé leur couleur verte.

Les siliques, tantôt rares, tantôt nombreuses, étaient généralement petites, atrophiées, rabougries, de couleur jaunâtre ou marquées de taches noires. Ces taches se voyaient aussi sur les parties vertes de la tige ou des rameaux.

La racine n'offrait rien de particulier à l'extérieur, malgré les désordres dont elle était le siége.

A l'aide d'incisions pratiquées longitudinalement sur toutes les parties de la plante, je vis que la tige, les rameaux et la racine étaient occupés par des larves vermiformes, de grandeur variable, dont je ne pus d'abord reconnaître la nature, mais que deux savants entomologistes, M. Brullé, mon honorable collègue à Dijon, et M. Guérin-Méneville, l'intelligent et zélé propagateur de la sériciculture, me dirent appartenir au genre *Baridius* Schœnh. (*Baris* Germ.), ce que je pus constater plus tard par l'observation directe.

Toutes ces larves étaient logées dans la moelle et occupées à la ronger. Dans les

1. Ces recherches ont été consignées dans un rapport qui fait partie du tome III, 1er fascicule, des *Nouveaux Mémoires de la Société des sciences, agriculture et arts du Bas-Rhin;* Strasbourg, 1865, p. 115 et suiv.

parties les plus malades, la moelle avait entièrement disparu et se trouvait remplacée par une poussière jaunâtre ou brune, semblable à de la sciure de bois.

Dans la plupart des branches ou des tiges secondaires, la destruction n'était que partielle. On voyait la moelle parfaitement blanche et saine parcourue dans toute sa longueur par un canal central (fig. 9) de couleur brune, duquel se détachaient latéralement, de distance en distance, des canaux qui se dirigeaient vers les branches. Assez souvent des portions tout à fait intactes étaient séparées les unes des autres par des parties malades et détruites. Les galeries se terminaient brusquement au milieu d'un tissu sain ou étaient suivies de traînées jaunâtres formées par les cellules médullaires altérées.

Presque toujours les renflements de la tige ou nœuds d'où se détachent les rameaux étaient malades, et l'on voyait en dehors du nœud, cachée par la feuille à l'aisselle de laquelle le rameau s'était développé, une petite ouverture circulaire à bords très-nets. La moelle était détruite au-dessus et au-dessous de cette ouverture, mais le ravage s'arrêtait à une certaine distance.

On pourrait être tenté d'attribuer ces trous à l'insecte parfait qui serait venu percer la plante pour y déposer ses œufs, et nous avons vu que cette supposition a été faite par M. Goureau. Mais l'observation directe m'a montré que les trous en question avaient été pratiqués de dedans en dehors et non de dehors en dedans.

En effet, j'ai pu voir par l'incision d'un grand nombre de pieds comment procèdent les larves dans leur œuvre de destruction. Les unes sont dirigées de haut en bas, sans doute pour se porter vers les racines; ces larves étaient toujours les plus grosses. Les autres se dirigent obliquement vers les rameaux. Presque toujours alors on voit la galerie aboutir à l'ouverture dont il vient d'être question, puis se continuer, au-dessus et au-dessous de cette ouverture, dans le rameau voisin.

En examinant avec soin la forme de la galerie, j'ai vu qu'elle s'élargissait en entonnoir près de l'ouverture. Quelquefois le tissu de l'écorce était aminci autour de cette dernière sans être encore entamé; l'épiderme ressemblait alors à un petit diaphragme membraneux percé à son centre; d'autres fois encore la galerie aboutissait à l'épiderme aminci, mais non perforé; enfin, très-souvent je trouvais la larve placée dans sa galerie immédiatement derrière l'épiderme et ayant toujours la tête dirigée vers l'extérieur, et touchant, pour ainsi dire, la pellicule épidermique.

Tous ces faits montrent de la manière la plus évidente que les trous en question sont fabriqués par les larves et non par l'insecte parfait. Ils sont probablement

destinés à permettre la sortie de la larve, ou plutôt de l'insecte parfait, puisque la larve, comme nous le verrons, subit ses métamorphoses dans la plante même.

Les racines, quoique saines en apparence, sont creusées d'une multitude de galeries dirigées, pour la plupart, suivant l'axe de la plante. Les larves logées dans ces galeries étaient beaucoup plus grosses que celles de la tige; plusieurs se trouvaient immédiatement sous l'écorce et celle-ci présentait çà et là des ouvertures circulaires semblables à celles dont la tige était percée. J'ai compté jusqu'à vingt de ces larves dans une même souche.

Enfin, les siliques et même les fleurs contenaient aussi des larves d'insectes, mais appartenant à d'autres espèces.

Dans les siliques, c'étaient de très-petites larves de Muscides, accumulées quelquefois au nombre de plus de 200 entre les graines. Je n'y ai vu que très-rarement des larves de Baridies et il n'y en avait jamais plus d'une dans une même silique.

Les larves que j'ai rencontrées dans les fleurs et jusque dans les boutons appartenaient toutes à un genre de Staphylins. Elles étaient groupées autour des anthères qu'elles avaient, jusque-là, laissées intactes; seulement j'ai vu, sans doute par exception et d'une manière accidentelle, une anthère traversée d'outre en outre par une de ces larves.

Outre les larves dont il a été question jusqu'à présent, je signalerai encore dans les pieds les plus malades, et toujours dans la racine ou dans la région inférieure de la tige, la présence d'un certain nombre de grosses larves et de coques de Muscides. J'ai mis à part un certain nombre de ces coques et j'en ai obtenu plusieurs espèces de mouches. J'ai fait représenter une de ces espèces (fig. 13, 14, 15) que j'ai trouvée remarquable par la longueur de ses ailes, les soies noires et raides qui recouvrent les parties supérieures du thorax et de l'abdomen, par la couleur verdâtre de l'abdomen, et par trois lignes longitudinales d'un gris pâle tirant sur le verdâtre, disposées sur le thorax.

M. Brullé, à qui j'envoyai cette mouche, m'écrit qu'il la regarde comme une espèce de *Lauxania* (Macquart, *Diptères*, t. II, p. 511), voisine des L. *vitripennis* et *atrimana*. «Elle ne se rapporte bien ni à l'une ni à l'autre. Sa face à duvet blanc (dans les femelles, c'est-à-dire dans les individus à yeux écartés), se rapporte au *vitripennis*, avec lequel elle a le plus de rapports. Les trois lignes longitudinales gris verdâtre dont est marqué le corselet ne sont mentionnées ni dans l'une ni dans l'autre des deux espèces de Meigen, décrites par M. Macquart. Je crois, dit M. Brullé, que c'est une espèce nouvelle.»

Un autre fait m'a vivement intéressé, parce qu'il montre, une fois de plus,

l'instinct merveilleux des insectes et fait voir que chaque insecte a ses ennemis, en vertu de cette grande loi d'équilibre qui s'oppose à la multiplication excessive des espèces nuisibles.

En incisant les rameaux pour y chercher les larves, je trouvai dans l'un d'eux une coque soyeuse qui obstruait complétement le tube de ce rameau vide de moelle. J'ouvris cette coque et je vis qu'elle renfermait un Ichneumonide qui m'a paru entièrement développé, et qui, sans doute, ne devait pas tarder à sortir de sa prison. J'ai fait figurer (fig. 16-20) cet insecte, que je ne connaissais pas, et c'est encore à M. Brullé que j'ai eu recours pour en savoir le nom.

Cet entomologiste exercé, qui s'est occupé des hyménoptères, comme on sait, d'une manière spéciale, m'écrit que mon Ichneumonide est un Bracon appartenant à la quatrième division des Bracons de Nees d'Esenbeck (*Hymenopterorum Ichneumonibus affinium*, etc., t. Ier, p. 60), mais qu'il n'est pas parvenu à en déterminer l'espèce et qu'il la croit nouvelle.

En continuant mes recherches, j'ai rencontré deux autres coques semblables, mais dont l'insecte était mou et altéré au point de devenir méconnaissable.

Enfin, sur un autre pied, j'ai trouvé dans l'intérieur d'une branche un très-petit Ichneumonide et une mouche étroitement entrelacés, morts tous les deux et desséchés.

On sait que les ichneumons ont l'instinct de découvrir les chenilles ou les autres larves d'insectes dans leurs retraites les plus cachées, sous l'écorce des arbres, par exemple, ou dans des fentes profondes et étroites; mais le fait que je signale me paraît encore plus remarquable. L'ichneumon a dû être averti, par son instinct ou peut-être par son odorat, de la présence de larves dans l'intérieur du colza; il a dû pénétrer dans la tige par l'une des ouvertures qu'ont pratiquées les larves, chercher sa victime et y déposer un ou plusieurs œufs en la piquant de sa tarière. On sait le reste : la larve de l'ichneumon se nourrit aux dépens de la larve qui lui a servi de demeure, puis file sa coque soyeuse pour y passer sa vie de chrysalide, et se transforme ensuite en insecte parfait.

J'arrive maintenant à la description de mes larves; j'indiquerai leurs métamorphoses et je dirai ce que j'ai pu observer des habitudes de l'insecte parfait.

Description de la larve. Les larves de Baridies sont cylindriques, vermiformes (fig. 1 et 2).

Dans le jeune âge elles sont tout à fait apodes; on ne voit aux trois premiers anneaux aucune saillie, aucune trace de tubercules. Ce n'est que plus tard, quand les larves ont atteint toute leur croissance, que ces tubercules apparaissent.

Les larves adultes ont de 5 à 6 millimètres de longueur sur une largeur de 1 $^1/_4$ à 1 $^1/_2$ millimètres.

Tête cornée, verticale, comprimée d'avant en arrière, arrondie sur les côtés.

Elle est composée de deux pièces latérales volumineuses (*f*, *f'*, fig. 3), arrondies, garnies à leur extrémité inférieure d'une échancrure destinée à recevoir la mandibule. Entre ces deux pièces latérales se voient en arrière, dans la région médiane de la tête, deux petites pièces cornées, triangulaires (*g*, *g'*), allongées, rapprochées l'une de l'autre dans leurs trois quarts postérieurs, mais écartées en avant de manière à former un angle rentrant dans lequel est logée la partie postérieure de la plaque *épicrânienne* (*h*, fig. 3), dont il me reste à parler.

Cette plaque, qui constitue la cinquième pièce cornée de la tête, a cinq côtés. Le côté antérieur, le plus large, s'étend en travers entre les deux mandibules et porte une pièce transversale rectangulaire (*b*), plus brune que les autres pièces cornées et qu'on peut considérer comme le *chaperon.* Les côtés latéraux se dirigent obliquement en arrière et en dedans; enfin, les deux côtés postérieurs forment par leur rapprochement un angle aigu saillant en arrière et engagé dans l'échancrure formée par les deux pièces médianes postérieures.

La plaque que j'appelle épicrânienne est sans doute primitivement composée de deux pièces latérales qui se soudent d'avant en arrière. On voit encore au sommet de son angle postérieur la séparation de ces deux pièces, et leur soudure est indiquée par une ligne brune qui s'étend en avant jusqu'à une petite distance du chaperon.

Il résulte de cet arrangement que, dans la larve, le sommet de la tête ou épicrâne est marqué de lignes qui disparaissent plus tard par la soudure complète des pièces céphaliques. Une de ces sutures persiste plus longtemps que les autres, c'est celle qui réunit les deux pièces médianes postérieures et qui se continue avec la ligne brune dont il vient d'être question. C'est à cette suture que correspond la ligne médiane non ponctuée qu'on observe sur la tête de plusieurs espèces de Baridies.

Sur les côtés du chaperon, à l'extrémité antérieure de la ligne qui sépare la plaque épicrânienne de la pièce mandibulaire, se voit un très-petit point noir (*e*, fig. 3), qui représente un œil rudimentaire. Cet œil est formé par la réunion d'un certain nombre de petits corps transparents qu'on ne distingue qu'à l'aide d'un fort grossissement.

La tête est de couleur fauve; elle porte un petit nombre de soies longues et grêles qu'on distingue difficilement à la simple loupe.

Sur la ligne médiane, au devant du chaperon, se voit la *lèvre supérieure*, com-

posée de deux pièces, l'une basilaire, qui représente l'*épistome* (*c*, fig. 3), de forme rectangulaire, à bord antérieur faiblement échancré; l'autre terminale, le *labre* proprement dit (*d*), arrondie en avant et garnie de soies raides. Ce labre est mobile sur la pièce précédente avec laquelle il s'articule à l'aide d'un pédicule qui se glisse sous cette pièce.

Les mandibules (*a*, fig. 3) sont courtes, épaisses, arrondies, très-robustes et dirigées verticalement en bas. Elles se terminent par deux dents courtes et larges, très-propres à entamer le bois. La couleur de ces mandibules est d'un brun foncé; les dents sont presque noires.

Les mâchoires (*b* et *b'*, fig. 4) sont allongées, de couleur brun clair. Leur tige (*c*), couchée très-obliquement contre la lèvre inférieure, se termine en avant par une pièce allongée, arrondie, mousse, garnie sur son bord interne d'un nombre variable de petites tiges cornées disposées comme les dents d'un rateau. La portion élargie du corps de la mâchoire porte un palpe de deux articles (*d*, fig. 4), tous deux de forme à peu près sphérique, mais le premier beaucoup plus gros que le second. Sur le corps de la mâchoire, en arrière du palpe, se voient deux soies bulbeuses écartées l'une de l'autre.

La *lèvre inférieure* (*a*, fig. 4) est composée, comme à l'ordinaire, de deux pièces: l'une basilaire très-large, dans laquelle pénètre la charpente cornée de la lèvre proprement dite; l'autre terminale, qui porte sur les côtés de son bord antérieur un palpe de deux articles semblables à ceux des palpes maxillaires, mais beaucoup plus petits. Entre ces deux palpes sont disposées plusieurs soies raides, semblables à de très-petites épines. Un poil bulbeux est implanté de chaque côté derrière les palpes labiaux, et trois autres poils semblables garnissent les bords de la pièce basilaire[1].

J'ai consacré beaucoup de temps à la recherche d'antennes rudimentaires qui sembleraient devoir exister, d'après la caractéristique suivante donnée par Erichson et reproduite par MM. Chapuis et Candèze (ouvrage cité, p. 534): « Antennes très-courtes, insérées au-dessous d'un petit renflement à la base des mandibules et semblables à une petite papille terminée par une soie. »

J'ai vu, en effet, sur les côtés des mandibules, en dehors de l'angle externe de leur base, un très-petit tubercule surmonté d'une soie, mais celle-ci ne m'a pas semblé différer des autres soies qui garnissent la tête, et je ne suis nullement certain que ce soit là une antenne rudimentaire.

Le corps de la larve, faiblement recourbé en arc, sur les individus conservés

1. La figure ne représente que deux de ces poils bulbeux de chaque côté, au lieu de trois qui existent en réalité sur la plupart des individus.

dans l'alcool, est formé de douze anneaux dont trois appartiennent à la région thoracique et neuf à l'abdomen. Une ligne déprimée sépare nettement la région tergale de la région ventrale, et, sur plusieurs pièces, on distingue très-bien les épimères; dans ce cas, chacun des deux segments de l'anneau, le supérieur comme l'inférieur, est composé de trois pièces, une médiane et deux latérales. Généralement tous les anneaux sont plissés irrégulièrement sur le dos et forment comme des bourrelets.

Du reste, tous les anneaux se ressemblent, sauf le dernier, qui est plus étroit et arrondi en arrière.

Ces anneaux sont garnis de soies très-fines, au nombre de quatre pour chaque anneau, du côté de la région dorsale. Il en résulte que le corps offre sur le dos quatre rangées de soies qu'on ne distingue qu'à l'aide d'une forte loupe; deux de ces rangées sont marginales, les deux autres placées à quelque distance du bord des anneaux[1].

Chez les larves adultes, la région thoracique forme en dessous une saillie assez peu prononcée, et chacun des trois anneaux qui composent cette région porte deux tubercules arrondis garnis d'une petite touffe de soies courtes et raides. (1, 2, 3, fig. 2.)

Dans les larves moins avancées on trouvait sous la peau de la région thoracique de nombreux faisceaux de fibres musculaires annonçant déjà la formation des pattes. Dans les larves, au contraire, qui semblaient arrivées au terme de leur développement, les saillies thoraciques en forme de tubercules cachaient des articles très-distincts indiquant que les pattes étaient à peu près formées.

Les stigmates, situés sur les côtés du corps, sont très-difficiles à distinguer à cause de leur extrême petitesse. C'est à tel point que je ne puis répondre de l'exactitude des figures 1 et 2, dans lesquelles on a représenté des stigmates sur chacun des 12 anneaux du corps. D'après Erichson, en effet, il n'existe dans les Curculionides que neuf paires de stigmates «dont huit situées sur les côtés des bourrelets dorsaux des huit premiers segments abdominaux; la neuvième presque toujours placée sur le segment prothoracique[2].»

Pour reconnaître ces stigmates et étudier leur structure, il est nécessaire d'enlever la peau de l'animal. On voit alors que l'ouverture stigmatique n'a pas plus de $0^{mm},05$ de diamètre (un vingtième de millimètre environ). Cette ouverture est en partie fermée par un élégant réseau de fibres élastiques (*a*, fig. 5), qui s'attache au pourtour de l'orifice et qui m'a paru être en continuité avec le fil élastique de

1. Ces deux dernières rangées de soies ne sont pas figurées.
2. Chapuis et Candèze, ouvr. cité, p. 535.

la trachée. Autour de l'ouverture stigmatique se voient un certain nombre d'anneaux concentriques qui forment le cadre du stigmate (*b*) et donnent à ce dernier un diamètre de dix à douze centièmes de millimètre.

Quant à la position des stigmates, ils sont placés sur les côtés du corps et percés dans la substance cornée de l'anneau.

Les larves restent dans la tige jusque vers le milieu du mois de juillet et continuent à grandir et à ronger la moelle. Alors elles descendent vers la racine qu'elles creusent aussi dans tous les sens, en rongeant le ligneux à l'aide de leurs vigoureuses mandibules. Bientôt elles se préparent à se changer en chrysalides. Pour cela, elles pratiquent dans le bois de la racine une petite cavité oblongue, sorte de berceau de forme elliptique (fig. 10), semblable à la moitié d'une coque ellipsoïdale qui aurait été coupée suivant sa longueur. Elle se loge dans ce berceau et s'y enferme en construisant avec la sciure de bois qui l'entoure un couvercle friable qui s'applique exactement contre les bords de la cavité, de manière à former une coque ellipsoïdale, moitié solide et ligneuse, moitié friable, et qui se trouve exactement fermée de toutes parts.

Quand on incise la racine, on détache le plus souvent la moitié friable de la coque; cependant il m'est arrivé plus d'une fois de la trouver encore intacte. C'est dans cette demeure que la larve se dépouille de sa dernière peau et se transforme en chrysalide.

Au mois d'août, la plupart des larves sont en train de se métamorphoser. Si l'on incise à cette époque les racines, on trouve dans chacune d'elles un nombre variable de coques renfermant tantôt une larve, tantôt une chrysalide ou un insecte parfait. A côté de la chrysalide, on voyait toujours la dépouille de la larve provenant de la dernière mue et facilement reconnaissable à sa tête écailleuse de couleur brune.

Désirant savoir si les larves se transforment toujours dans l'intérieur même de la plante, ou si, au besoin, elles ne pourraient pas subir leurs métamorphoses dans la terre, j'ai mis, vers la fin de juillet et au mois d'août, plusieurs larves adultes dans de la terre faiblement humectée et à laquelle j'avais mêlé quelques détritus pulvérulents provenant de tiges attaquées. Un mois plus tard, j'ai trouvé dans cette terre plusieurs coques ovoïdes, extrêmement friables, formées de terre et de grains de poussière agglutinés; ces coques renfermaient un insecte parfait.

Description de la chrysalide. Les chrysalides que j'ai rencontrées avaient, la plupart, une longueur de 4 millimètres.

Le rostre cylindrique, un peu renflé à son extrémité et faiblement recourbé vers le bas, était couché sous la tête et appliqué contre la région inférieure du corps (*a*, fig. 7).

Les antennes coudées (*b*) avaient leur premier article étroitement appliqué contre les parties latérales du rostre; la deuxième portion de l'antenne, terminée en une massue ovoïde, n'était pas encore segmentée.

La surface convexe du rostre, le contour et le dos du corselet sont couverts de fines spicules insérées sur une petite proéminence bulbiforme et très-écartées les unes des autres. Sur le dos du corselet, ces spicules sont disposées sur deux lignes longitudinales, trois pour chaque ligne.

La tête (*a*, fig. 6), séparée du corselet par une ligne transversale distincte, porte en avant deux spicules semblables aux précédentes.

Je ne puis, sur aucune de mes chrysalides, distinguer les yeux[1]. On sait que ces organes sont très-petits et assez difficiles à voir sur l'insecte parfait, chez lequel ils sont situés au niveau de la base du rostre, sur les côtés et au devant de la tête.

Pattes fléchies sous le corps, la dernière paire cachée par les ailes rabattues. Les trois portions dont ces pattes se composent sont fléchies l'une sur l'autre, la jambe sur la cuisse et le tarse sur la jambe.

La forme extérieure du tarse ne dénote encore la présence que de deux articles de longueur très-inégale (fig. 8). La première de ces deux pièces, la plus longue, se termine par une partie élargie, bilobée, qui deviendra le pénultième article du tarse; la pièce terminale formera l'article onguéal.

Sur des chrysalides plus avancées on distinguait, sous l'enveloppe cornée de la patte, trois articles nettement dessinés, suivis d'une double griffe (fig. 8).

Les trois portions du thorax se voient distinctement. Le prothorax est la grande plaque écailleuse située derrière la tête et que j'ai désignée plus haut sous le nom de corselet (*b*, fig. 6). Elle donne attache latéralement à la première paire de pattes (1, fig. 7).

Le mésothorax se voit derrière cette plaque. Il est formé de deux parties, l'une membraneuse, en avant (*c*, fig. 6); l'autre cornée (*d*), épaisse, semblable à une côte saillante, disposée transversalement entre les attaches des ailes supérieures ou élytres. C'est, en effet, aux deux extrémités latérales de cette pièce cornée que se fixent ces dernières.

Le métathorax ou troisième portion du thorax (*e*, fig. 6), plus développé que la pièce précédente, est creusé, dans son milieu, d'une dépression longitudinale (*f*). C'est aux bords antérieurs et latéraux de cette pièce que s'attachent les ailes inférieures ou ailes membraneuses.

Ainsi fixées sur les parties latérales de la nymphe, les ailes vues d'en haut sont

1. Il est juste de dire que j'ai fait cette description d'après des chrysalides conservées dans l'esprit-de-vin, n'ayant pas eu le loisir de la faire lorsque ces chrysalides étaient encore vivantes.

fortement écartées et laissent à découvert presque toute la région thoracique. Elles se superposent exactement et se dirigent en dehors et en bas pour se porter vers la région ventrale, de manière à marquer les pattes postérieures (fig. 6 et 7).

Les élytres, plus épaisses, sont marquées de côtes saillantes longitudinales, garnies, dans toute leur étendue, de petits tubercules assez rapprochés les uns des autres (fig. 7). Ces élytres sont composées d'une lame cornée et d'une membrane relativement assez épaisse qui la double en dessous. Vue au microscope, la lame cornée est transparente, homogène, tandis que la membrane dermique est composée de plusieurs couches de très-petites cellules.

Les ailes membraneuses, de même longueur que les élytres, sont aussi formées de deux substances : une matière cornée amorphe très-mince, disposée sur deux feuillets et une substance celluleuse contenue entre ces deux feuillets. Les cellules de cette substance intérieure sont très-petites, toutes semblables entre elles et forment, vues au microscope, un élégant réseau. Les nervures sont formées, mais on n'y distingue pas encore le fil trachéen.

Abdomen formé de neuf anneaux, qui diminuent faiblement de largeur d'avant en arrière et dont le dernier est court et étroit.

Chaque anneau porte six soies raides (fig. 6), deux latérales très-courtes, insérées sur le bord de l'anneau, et quatre médianes dorsales, plus longues que les précédentes et recourbées en arrière. Ces soies forment sur le dos de l'abdomen deux séries longitudinales placées de chaque côté de la ligne médiane. Le dernier anneau ne porte que deux soies.

Quand on avait ouvert une coque contenant une chrysalide, on voyait celle-ci exercer par intervalles des mouvements saccadés ; le corps se soulevait brusquement, tournait un peu sur lui-même, puis reprenait sa première position.

La couleur des chrysalides est d'un blanc uniforme. Quand elles ont pris la forme de l'insecte parfait et que leurs téguments cornés ont acquis une certaine consistance, alors seulement elles commencent à se charger de pigment. Ce sont d'abord la tête, le rostre, le corselet et les pattes qui prennent une couleur fauve, puis brune, couleur qui passe peu à peu au noir ou au vert métallique, suivant l'espèce. Les élytres sont les dernières parties qui se colorent ; elles restent longtemps d'un fauve pâle, puis deviennent brunes, en avant d'abord, et successivement de plus en plus en arrière.

Sur plusieurs insectes qui avaient leur forme définitive et leur consistance presque normale, la moitié antérieure des élytres offrait sa couleur naturelle, tandis que leur moitié postérieure était encore brune ou même fauve. Quelques individus

que je conservais dans des boîtes, ayant ce degré de coloration, sont restés plusieurs semaines avant d'acquérir leur couleur normale.

Les insectes parfaits, encore en petit nombre au mois d'août, étaient enfermés dans leur étui comme les chrysalides, mais ils se hâtaient d'en sortir aussitôt que l'étui avait été ouvert. Plusieurs fois la coque aboutissait à l'une des ouvertures extérieures dont j'ai parlé plus haut et qui existaient à la racine comme à la tige. Toujours alors l'insecte avait sa tête exactement appliquée contre l'ouverture, ce qui me confirme dans l'opinion que celle-ci sert à la sortie de l'animal.

J'ai rencontré trois Baridies qui m'ont semblé d'abord former trois espèces : l'une toute noire, la plus nombreuse; une seconde d'un beau vert métallique et une troisième d'un bleu métallique pur ou passant quelquefois au vert.

Désirant avoir la détermination exacte de ces insectes, je me suis adressé à des entomologistes compétents[1], qui tous ont été d'accord à ne reconnaître que deux espèces : le B. *picinus* et le B. *chloris* avec la variété *cœrulescens*.

Description de l'insecte parfait. — Les diagnoses données par les auteurs sont, parfois, si insuffisantes, que j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de décrire avec quelques détails les deux espèces que j'ai observées dans le colza.

PREMIÈRE ESPÈCE.

Baridius picinus des auteurs modernes; *Baris picina* Germar; Insectorum species novæ aut minus cognitæ; Halæ, 1824, vol. I, p. 199, nº 321.

J'avais pris d'abord cette espèce pour le B. *artemisiæ* Fabr., trompé par le peu de précision des descriptions des auteurs.

Voici, en effet, la diagnose donnée par Germar :

« *Baris picina :* piceo-nigra, nitida, thorace subtiliter punctato, elytris simpliciter striatis, interstitiis planis subtiliter striato-punctatis. »

Schœnherr, dans son grand ouvrage[2], donne la caractéristique suivante de Boheman :

« B. *picinus* Germar ; oblongus, niger, subnitidus, glaber; rostro crassiusculo, punctulato, thorace oblongo, subtiliter, minus dense punctulato; elytris tenue striatis, striis in fundo haud punctatis, interstitiis planis, seriatim punctulatis. »

Schœnherr donne ensuite pour synonymes :

Baris picina Germ.

1. Je dois remercier particulièrement M. Wencker à Strasbourg, M. Goubert à Haguenau, et MM. Lucas et Capiomont à Paris. M. le colonel Lucas, inspecteur des fonderies, amateur très-distingué et possesseur d'une fort belle collection, a bien voulu communiquer mes Baridies à M. Brisout de Barneville, qui a confirmé les déterminations de ses confrères.

2. *Genera et species Curculionidum*, tome III, p. 695, nº 61, et tome VIII, p. 157, nº 104.

Rhynchenus artemisiæ Oliv. Ent. V, 83, p. 150, n° 113, tab. 29, fig. 430.

Baris artemisiæ Steph. Brit. Ent. IV, p. 11, n° 3.

Ainsi Schœnherr regarde le B. *artemisiæ* d'Olivier comme synonyme de *picinus;* mais il adopte un autre B. *artemisiæ*, celui de Fabricius, et il en donne la caractéristique suivante[1] :

« *Baridius artemisiæ* Fabr.; oblongus, niger, subnitidus, glaber; antennis tarsisque obscure ferrugineis, capite obsolete, rostro evidenter punctulatis, thorace angustiore, profunde sat crebre punctato, elytris striatis, interstitiis subtiliter seriatim punctulatis. »

Syn. : *Rhynchænus artemisiæ* Fab. Syst. El. II, p. 456, n° 92. (Voir le reste de la synonymie dans Schœnherr.)

Si l'on compare attentivement ces deux descriptions, on verra qu'il est difficile de faire ressortir nettement les caractères propres à l'une ou à l'autre espèce. Il aurait fallu insister sur les formes et sur les proportions relatives des différentes parties du corps. Le B. *artemisiæ* embarrasse les entomologistes, et M. Wencker, entre autres, m'a dit n'avoir jamais vu le véritable B. *artemisiæ.*

Voici la description de l'espèce que j'ai fait représenter (fig. 12) et que tous les entomologistes que j'ai consultés s'accordent à rapporter au B. *picinus :*

Corps moins svelte, plus trapu que celui du B. *chloris.* Ce corps est faiblement ovalaire, c'est-à-dire que les bords latéraux sont plus arrondis dans leur milieu que ne le représente le dessin[2]. Si l'on compare le *picinus* au *chloris*, on voit que, dans ce dernier, les bords latéraux des élytres sont à peu près parallèles, tandis que, dans le *picinus,* ces bords décrivent une très-légère courbure.

Une circonstance qui frappe au premier coup d'œil dans l'examen du *picinus*, c'est la longueur relative du corselet. Dans l'individu que j'ai mesuré, cette longueur était de $1^{mm}\,{}^1/_4$ ou $^5/_4$ de millimètre; la longueur des élytres était de $2^{mm}\,{}^3/_4$ ou $^{11}/_4$ de millimètre. La longueur du corselet est donc à celle du corps dans le rapport de 5 à 11. Nous verrons que dans le *chloris* le même rapport est environ de 1 à 3.

En outre, le corselet du *picinus* est plus convexe, plus arrondi latéralement, différence qu'il est facile d'apprécier en regardant l'insecte de profil.

Rostre faiblement courbé en arc vers le bas, finement marqué de points déprimés très-rapprochés les uns des autres. Il est noir à sa pointe comme dans le reste de son étendue.

La tête, qui paraît lisse quand on l'examine à la simple loupe, est en réalité

1. *Genera*, tome III, p. 688, n° 52.

2. L'extrémité postérieure de l'abdomen est un peu trop large dans le dessin, et son origine un peu trop étroite. Dans la figure 11, au contraire, la base de l'abdomen est trop large.

très-finement ponctuée, mais les points déprimés sont extrêmement petits, espacés et ne se voient qu'à l'aide d'une loupe assez forte.

Antennes coudées, terminées par une massue ovoïde noire, garnie à son sommet de soies très-courtes.

Corselet ponctué, c'est-à-dire marqué de points déprimés de forme ronde, médiocrement serré. On aperçoit une ligne médiane parfaitement lisse, dépourvue de dépressions. Dans certains individus cette ligne médiane non ponctuée est très-étroite et peu distincte; dans d'autres, au contraire, elle est plus large et facile à reconnaître.

Élytres garnies de profondes cannelures, entre lesquelles se voient des points déprimés, semblables, pour la grosseur et pour le degré de dépression, à ceux du corselet. Ces points déprimés sont irrégulièrement disposés en séries et comme semés entre les cannelures. L'examen comparatif d'un grand nombre d'individus m'a fait voir que ces points déprimés varient pour le nombre et sont plus ou moins apparents.

Extrémité inférieure de la jambe garnie de poils fauves; tarses bruns portant des poils fauves autour et au-dessous de chacun des trois premiers articles. L'extrémité du troisième article est bilobée et porte ainsi deux brosses saillantes, de couleur fauve. Le dernier article des tarses est allongé, terminé par deux griffes écartées, faiblement recourbées, de couleur brune.

Les pattes et la région inférieure du corps sont ponctuées comme les régions supérieures.

DEUXIÈME ESPÈCE.

Baridius chloris SCHŒNH. O. c., tome III, p. 709, n° 79.

« Oblongus, glaber, supra virescens, subtus nigro-cœruleus, thorace breviore, mediocriter punctato, elytris simpliciter striatis, interstitiis vix punctulatis, pone humeros non ampliatis. GHL. »

Syn.: *Rhynchœnus chloris* FAB. *Baris chloris* GERM. (Voir dans Schœnherr le reste de la synonymie.)

Dejean, dans son catalogue, p. 312, donne pour synonyme: B. *lepidii* MÜLL. et B. *cœrulescens* STURM.

Voici la description de cette espèce, d'après les individus que j'ai examinés:

Longueur du corps: 4 millimètres.

Longueur du corselet et de la tête réunis: 1 millim.

Longueur de l'abdomen: 3 millim.

Tête aussi finement ponctuée que celle du *picinus;* les dépressions sont espacées et ne sont guère plus sensibles.

Rostre un peu plus courbé et un peu plus long; son extrémité d'un brun rougeâtre, un peu plus velue; ce rostre est ponctué comme celui du *picinus.*

Antennes terminées par une massue ovoïde, comme dans l'espèce précédente, garnie de poils serrés et courts, plus nombreux.

Corselet moins long que celui du *picinus,* et moins convexe. Il est marqué de points déprimés un peu plus gros, aussi profonds, mais plus espacés que dans le *picinus;* ces points déprimés ont la plupart une forme allongée. La ligne non ponctuée est large et très-distincte, surtout vers la partie moyenne du corselet.

Élytres creusés de cannelures plus fines et moins profondes. Intervalles entre ces cannelures presque lisses. C'est à peine si l'on parvient à distinguer à la loupe une ligne de points déprimés, d'une extrême petitesse. Le dessous du corps est ponctué dans toute son étendue.

Couleur d'un très-beau vert métallique en dessus, noir brillant ou d'une couleur de bronze foncée en dessous.

Pattes comme dans le *picinus;* les touffes de poils plus brunes et plus fournies.

J'ai trouvé ainsi dans le colza un certain nombre d'individus ayant la forme du *chloris*, mais se distinguant de ce dernier par leur magnifique couleur d'un bleu d'azur foncé.

J'ai cru d'abord que ces Baridies appartenaient à l'espèce désignée sous le nom de *cœrulescens.* Mais, d'un côté, Schœnherr, après avoir donné la diagnose du *cœrulescens* (O. c., tome III, p. 709, n° 80), fait suivre cette diagnose de la remarque suivante :

« *Observatio.* — Baridi chloris simillimus et nimis affinis, magnitudine dimidio majori et colore læte cœruleo, fere unice distinctus. »

J'ai pu reconnaître la justesse de cette observation, car presque tous mes individus étaient plus forts que les individus appartenant au B. *chloris*, et je n'ai pu parvenir à signaler la moindre différence dans les formes et le mode de ponctuation.

D'un autre côté, j'ai trouvé bon nombre de sujets chez lesquels le vert passait au bleu d'une manière insensible. Plusieurs fois même l'insecte paraissait de l'une ou de l'autre couleur, suivant la direction des rayons lumineux. Enfin j'ai trouvé des individus qui offraient des élytres à reflet azuré, tandis que le thorax était d'un vert métallique.

Les Baridies font le mort quand on les touche et restent assez longtemps dans un état complet d'immobilité.

D'après mes observations et celles d'autres personnes, ces insectes paraissent séjourner pendant un temps assez long dans l'étui qu'ils se sont fabriqué.

Au commencement d'août j'avais planté séparément, dans des pots remplis de terre végétale, une douzaine de pieds de colza, afin de pouvoir les examiner successivement, à divers intervalles.

Dans toutes les souches que j'ai ouvertes pendant les mois de septembre, octobre et novembre, les Baridies étaient en place, immobiles dans leur berceau.

J'ai vu qu'elles résistent très-bien au froid. Du 7 au 12 novembre le thermomètre s'était constamment maintenu au-dessous de zéro et même était descendu à — 7° c. Le 14 novembre j'ouvris les trois derniers pieds, qui étaient restés exposés au dehors d'une fenêtre, dans une terre sèche. Ils contenaient encore une quinzaine de Baridies appartenant aux deux espèces dont il est question dans cette notice; toutes étaient bien portantes, vigoureuses et se sont mises aussitôt à marcher.

Il est donc à supposer qu'à l'état naturel les Baridies restent dans les souches de colza jusqu'au printemps et qu'alors seulement elles en sortent pour se reproduire.

Je présume que la femelle recherche les parties les plus délicates de la plante, comme, par exemple, les bourgeons celluleux qui apparaissent à l'aisselle des feuilles. Les jeunes larves qui sortent de ces œufs, pénètrent facilement dans la tige et se mettent à en ronger la moelle.

Les deux auteurs allemands que j'ai cités plus haut, le professeur Nördlinger et le docteur Taschenberg, disent aussi que l'insecte passe l'hiver dans les plants de colza.

Il suit de là, et c'est l'opinion unanime de tous les auteurs, que le moyen le plus efficace à employer pour se débarrasser de ces insectes, c'est de brûler sur place, après la récolte, les tiges et les racines qui les renferment.

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. Larve adulte du B. *picinus*, grossie 10 fois.

Fig. 2. La même, vue de profil : *a*, mandibules; *b*, mâchoires; *c*, lèvre inférieure; 1, 2, 3, les trois tubercules sétifères de la région thoracique.

Fig. 3. Tête de la larve grossie environ 20 fois et disposée horizontalement : *a*, mandibules; *b*, chaperon; *c*, épistome; *d*, labre; *e*, œil; *f f'*, les deux pièces latérales ou mandibulaires de la charpente céphalique; *g g'*, les deux pièces médianes postérieures; *h*, plaque épicrânienne.

Fig. 4. Mâchoires et lèvre inférieure fortement grossies : *a*, appareil corné constituant la lèvre inférieure; *b b'*, mâchoires; *c*, tige de la mâchoire; *d*, son palpe.

Fig. 5. Un stigmate de la larve, grossi 300 fois : *a*, réseau de fibres élastiques placées à l'entrée du stigmate; *b*, cadre du stigmate.

Fig. 6. Chrysalide vue du côté dorsal : *a*, tête; *b*, prothorax ou corselet; *c*, première portion du mésothorax; *d*, sa deuxième portion; *e*, métathorax; *f*, sa dépression longitudinale médiane; *g*, ailes; *h*, abdomen.

Fig. 7. La même, vue du côté ventral : *a*, rostre; *b*, antennes; 1, première paire de pattes attachées au bord postérieur du prothorax; 2, 3, les deux autres paires de pattes; *c*, élytres recouvrant les ailes membraneuses *c'* et cachant les pattes postérieures.

Fig. 8. Une patte de chrysalide montrant, à travers le tégument général, les articles du tarse définitif.

Fig. 9. Tige de colza incisée longitudinalement pour montrer les galeries creusées par les larves : *a*, tissu médullaire encore sain; *b*, galerie centrale; *c*, galerie latérale aboutissant à une ouverture extérieure.

Fig. 10. Portion de racine montrant un nid ou berceau, *a*, fabriqué par la larve

Fig. 11. B. *chloris* Schœnh., grossi 10 fois.

Fig. 12. B. *picinus* Auct., même grosseur.

Fig. 13. Muscide appartenant au genre *Lauxania* Macq., provenant de chrysalides trouvées dans des tiges de colza; grossie 5 fois.

Fig. 14. Une aile grossie 5 fois.

Fig. 15. Sa coque grossie.

Fig. 16. Ichneumonide du genre *Braco*, trouvé dans une coque soyeuse au centre d'une tige de colza rongée par des larves de Baridies; grossi 5 fois.

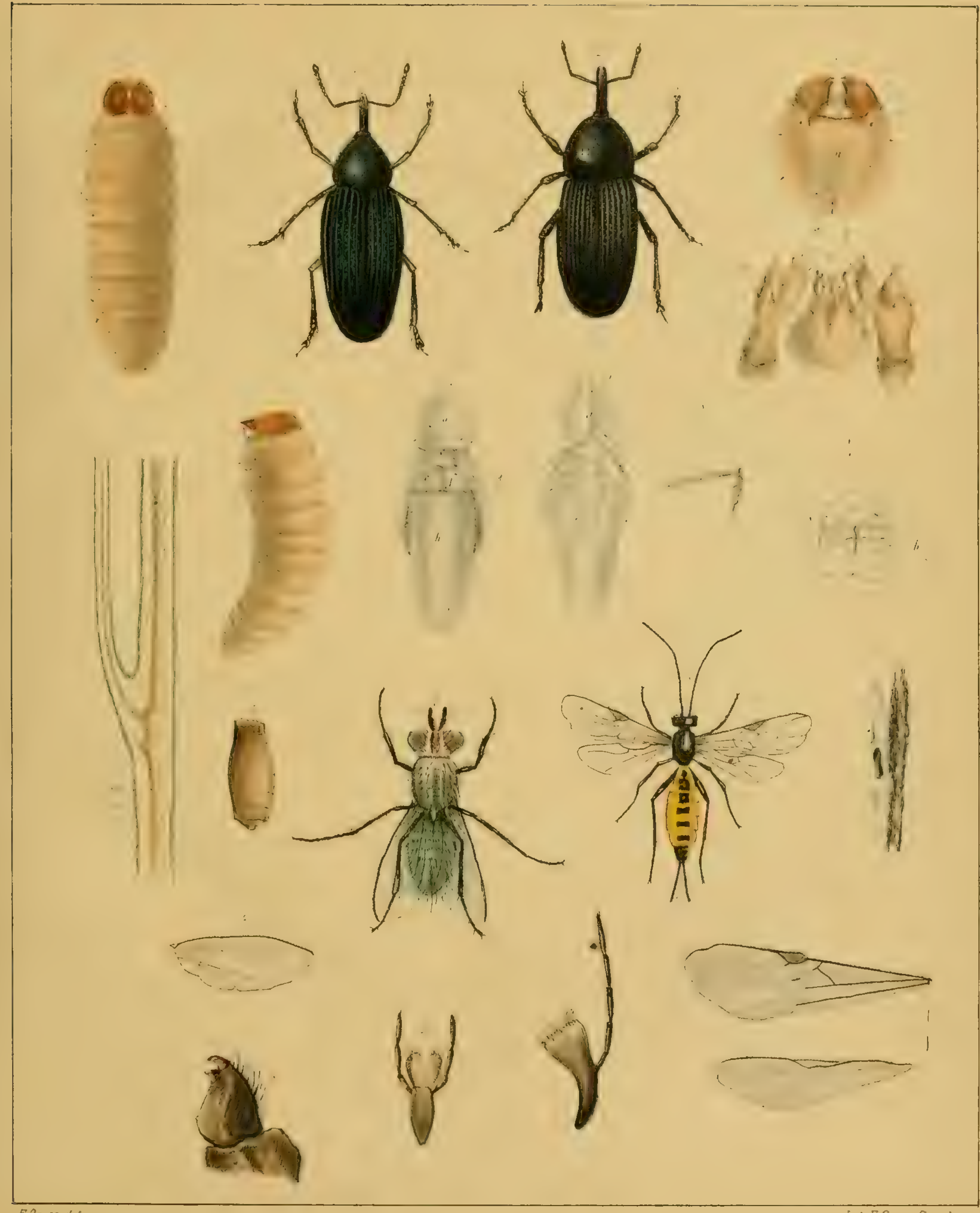
Fig. 17. Les ailes grossies 10 fois.

Fig. 18. La mandibule gauche fortement grossie.

Fig. 19. La mâchoire du même côté avec son palpe.

Fig. 20. La lèvre inférieure.

Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault.



F. Gross. del.

Lith. E. Simon, Strasbourg

METAMORPHOSES DES BARIDIES

DESCRIPTION

DE

FOUGÈRES EXOTIQUES RARES OU NOUVELLES,

PAR

A. L. A. FÉE,

Professeur d'histoire naturelle médicale à la Faculté de médecine de Strasbourg.

TROISIÈME PARTIE. (1)

I. POLYPODIACÉES.

Cette famille, incomparablement la plus nombreuse de toutes celles que renferme la grande classe des fougères, a été divisée en deux tribus principales, d'après la direction de l'anneau : les *Polypodiacées vraies*, chez lesquelles il est latéral et fait suite au pédicelle, pour s'interrompre au *stoma*, point de déhiscence de la sporange ou capsule, et les *Cyathées*, chez lesquelles il entoure souvent complétement et obliquement la sporange, qui n'a point de stoma, d'où il suit que quand le sacculus se déchire, il faut que préalablement l'anneau se sépare. Mais ces caractères différentiels sont loin d'être absolus, particulièrement dans les *Alsophilées*, qui ont parfois un anneau à peine oblique, tandis qu'il l'est évidemment dans quelques espèces de Polypodiacées vraies; ce qui nous disposerait à ne regarder comme cyathées que les genres pourvus d'un indusium: *Cyathea, Schizocæna, Thyrsopteris* et ceux qui sont semi-indusiés, *Hemithelia* et *Hemistegia*. Quoi qu'il en soit, et dans l'impuissance où l'on se trouve de construire des classifications parfaitement naturelles, nous conserverons les bases adoptées dans nos précédents travaux.

1. Voir Ire Partie, t. IV, et IIe Partie, t. V. (1854-1857.)

I. ANNEAU DES SPORANGES VERTICAL: *CATHETOGYRATÆ.*

† Puissance prolifique universelle: *Ataxiocarpeæ.*

I. ACROSTICHÉES, F.

Gen. filic., p. 41, tab. I-IV; Mém. antér., p. 1, 23, 67 et 112.

Comme on peut le voir par la place que ce groupe occupe dans la série, les caractères qui les différencient des autres tribus consistent dans la présence, sur la lame inférieure, et plus rarement sur les deux lames, de sporanges qui naissent sans ordre et s'étendent sur l'épiderme d'une manière universelle. Cette particularité est commune à tous les genres, à l'exception d'un seul, le *Nevroplatyceros*, qui peut en être distrait pour former un petit groupe spécial, les Névroplatycériées ou par syncope les *Platycériées,* terme déjà proposé par M. Thomas Moore; nous en parlerons plus loin.

Les Acrostichées sont essentiellement écailleuses, très-fécondes, assez souvent prolifères par le développement de bourgeons adventifs qui naissent du système vasculaire. Toutes sont herbacées, rampantes ou grimpantes, de proportions très-variables et généralement robustes. Elles sont terrestres, arboricoles ou rupicoles; les *Chrysodium* se plaisent dans les terrains inondés ou marécageux; l'Europe n'en possède aucune espèce; la plus rapprochée du continent européen, l'*Acrostichum hirtum*, se trouve aux Canaries.

L'épiderme des deux lames est à pans sinueux; il n'y a de stomates que sur la lame inférieure; le tissu vasculaire se compose de faisceaux de vaisseaux annulaires, entourés de paraphyses sur lesquels s'appuie un tissu cellulaire abondant, succinoïde, à cellules hexagonales, ayant leur plus grand diamètre dans le sens vertical. Ces cellules sont parfois ponctuées; après une longue macération, elles se séparent, deviennent flasques et comme vésiculeuses. Nous n'avons pu voir les vaisseaux scalariformes prismatiques, aussi nettement figurés qu'ils le sont dans les traités de botanique. Les vaisseaux rayés ou annulaires réunis en faisceaux, étant creux, peuvent se presser mutuellement et prendre la forme prismatique, comme il arrive à certaines cellules, mais cet état de pression, qui n'a lieu que par exception, permet difficilement d'en faire des vaisseaux spéciaux.

Les particularités organiques que présente ce groupe ne lui sont pas toutes spéciales. Les sporanges ne se développent pas toujours normalement. Dans l'*A.*

Boryanum l'anneau avorte et la sporange prend l'aspect d'un godet. Nous avons donné le nom de sporangiastres à des sporanges, munies de leur pédicelle, qui se termine par une capitule d'apparence glanduleuse, ou bien qui se dilatent en manière de chapeau avec des bords ondulés ou même lobés ; c'est surtout dans le genre *Chrysodium* qu'ils abondent, très-diversifiés de forme. Dans le *Nevroplatyceros*, ils prennent l'apparence d'un bourgeon écailleux, longuement stipité. Les spores, en quittant le sacculus, entraînent après elles le tissu cellulaire dans lequel elles se sont développées; on dit alors qu'elles sont *épisporiées*, ce qui n'est pas un caractère et dépend uniquement d'un degré plus ou moins avancé de maturité; elles ont dans tout le groupe une forme ovoïde ou légèrement réniforme.

Les frondes, quand elles sont simples, affectent presque toutes la forme lancéolée. Dans le genre *Egenolfia*, les nervilles sont libres et pinnées ; elles se bifurquent et la branche extérieure sort de la lame sous l'aspect d'un mucron, assez raide; c'est là un caractère générique d'ordre inférieur, mais commode, parce qu'il est constant et qu'il n'existe pas dans d'autres genres de ce groupe.

D'autres singularités morphologiques méritent d'être encore signalées. La mobilité de forme des frondes (hétérophyllie) est extrême parmi certaines espèces du genre *Lomariopsis*. Le *L. sorbifolia*, entre autres, se présente sous trois formes si tranchées, qu'on aurait pu établir chacune d'elles comme espèce distincte, et cependant ce ne sont pas même des variétés, puisque le même individu présente ces modifications; les *L. ludens*, *variabilis*, *spinescens*, sont dans ce cas.

Les frondes peuvent différer, suivant qu'elles ont des lames fructifères et stériles distinctes; on les dit alors diplotaxiques. Les modifications qui les séparent sont plus ou moins profondes. Souvent elles se bornent à réduire les dimensions, comme dans certaines espèces d'*acrostichum*, de *lomariopsis* et d'*hymenodium*, mais parfois la forme diffère complétement : *Acrostichum* piloselloïdes, *Polybotrya*, *Lomariobotrys*, *Rhipidopteris*. Les espèces à frondes diplotaxiques deviennent assez fréquemment mixtes : *Lomariopsis*, *Olfersia*, *Nevrocallis*, *Heteronevron*, etc. Quelques genres ont normalement des frondes mixtes, par exemple les genres *Chrysodium* et *Photinopteris*.

Les sporanges et les spores varient à peine et ne fournissent aucun caractère propre à faire distinguer les genres et encore moins les espèces; on peut tirer quelque parti de l'anneau, qui diffère quant à son étendue, à sa largeur et au nombre de ses cloisons; les écailles ont une grande fixité de formes ; mais souvent la même espèce en a de différentes sur le rhizome et sur les lames ; elles se dégradent en dimensions en parvenant vers la partie supérieure de la fronde et de ses subdivisions, au point de devenir piliformes. Dans les *Acrostichum* piloselloïdes,

elles sont si abondantes qu'on ne peut voir l'épiderme des lames; certaines espèces leur doivent une véritable beauté, tel est entre autres l'*A. decoratum*.

Les genres *Aconiopteris*, *Cheiloleplon* et *Anetium* ne sont que faiblement caractérisés.

Les *Lomariobotrys* ont cela de curieux et d'anormal de porter, sur un même rhizome, des frondes stériles simplement pinnées, à frondules plus ou moins élargies, et des frondes fertiles bi ou même tripinnées, à frondules linéaires. La dissimilitude est complète.

Les espèces de ce beau groupe sont très-inégalement réparties dans les genres; elles s'élèvent à près de 250 environ, parmi lesquelles le seul genre *Acrostichum* figure pour plus de la moitié [1].

I. ACROSTICHUM.

F., *Gen. filic.*, p. 41; Mémoires antérieurs [2], p. 1, 23, 67 et 112.

1. Glaucum, F., Mém. antér., p. 67.

Nous ajouterons à ce que nous avons dit de cette plante *(l. c.)* que le mésonèvre est extrêmement large, aplati et de la même couleur que la lame, celle-ci est jaunâtre à l'état de dessiccation. Cette nervure disparaît avant d'atteindre le sommet de la fronde.

Icon.: *Tab. XXVIII* [3], *fig. 1; magnitudine naturali* [4].

2. Aphlebium, Kze mss. Klotz., *Linn.*, XX, p. 419.

Frondibus sterilibus parvis, oblongis, obtusis, cartilagineis, repandis; stipite brevi; nervillis tenuibus, immersis; fertilibus longioribus, anguste oblongis, obtusis, basi attenuatis, longe stipitatis; sporangiis flavidulo-umbrinis, rotundatis; sporis opacis, ovalibus.

Habitat ad Meridam Columbiæ. (Moritz, n° 332.)

Filix parvula, repens, caudice crassiusculo, fusco, paleaceo.

Icon.: *Tab. XXVIII, fig. 2. A, magnitudine naturali.*

---

1. Voyez pour d'autres détails le 2e mémoire: *Histoire des Acrostichées.*

2. Par mémoires antérieurs nous entendons parler des mémoires 6, 7 et 8, insérés dans les Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg; t. IV, t. V, Ire, IIe et IIIe Partie.

3. Nous faisons suivre la numérotation des planches, la 27e étant la dernière des mémoires antérieurs.

4. Nous ne donnerons les dimensions des espèces décrites que quand les figures auront été données par fragments.

Ce nom spécifique *aphlebium*, sans nervilles, signifie seulement qu'elles sont difficiles à voir.

3. Huacsaro, Ruiz. herb. Bertero, *Amœnit. Ital.* t. II. *Opusc.*, *Scienc. Bon.* 1, t. VIII.
A. Calaguala, Kl. *Linn.* XX, 1847, p. 421.
Elaphoglossum Ruizianum, Th. Moore, *in Ind.*, p. 365.

Cette espèce est parfaitement décrite par M. Klotzsch (*l. c.*), et nous n'avons rien à ajouter à ce qu'il en a dit. Les frondes naissent très-rapprochées les unes des autres sur un rhizome rampant, un peu dressé; les pétioles sont courbées à la base, nous les croyons légèrement visqueux. La plante a beaucoup de rapport avec l'*A. rubiginosum*, elle diffère même à peine de certaines formes de cette plante, commune dans toute l'Amérique tropicale.

Il est difficile de comprendre pourquoi le nom donné par Ruiz n'a pas été conservé; la loi d'antériorité exigeait qu'il le fût; le mot *Calaguala* fait naître en outre une idée fausse, car il existe plusieurs espèces de *Calaguala*, soigneusement différenciées par M. Guibourt (*Hist. drog. simpl.*, II, p. 87). Le rhizome de l'*A. Huacsaro* serait sa deuxième espèce, dont le rhizome est représenté fig. 54, figure inférieure; la supérieure semble se rapporter assez exactement au rhizome de l'*A. Preslianum* F. (Voy. *Hist. des Acrost.*, t. XXIV, fig. 1.)

Le *Calaguala* de Ruiz, qui est le vrai, ou du moins celui qui, le premier, a fait son apparition dans les pharmacies, porte les noms de *Cuaccaro* et de *Coacsaro.* M. W. Schaffner écrit que ce nom de *Calaguala* est mexicain et donné à plusieurs fougères à rhizome rampant, notamment au polypode que nous avons décrit sous le nom d'*Oulolepis.* Cette espèce serait dans les pharmacies mexicaines l'un des succédanés du *Calaguala* de Ruiz.

Quoique l'*A. Huacsaro* ait déjà été figuré, nous avons cru devoir le reproduire d'une manière plus rigoureusement exacte.

Icon.: *Tab. XXIX, fig. 1.*

4. Gratum, F., Mém. antér., p. 69.

Ajouter à la description ce qui suit :

Frondes stériles souples, plutôt oblongues-lancéolées qu'ovales-lancéolées; lames abondamment couvertes d'écailles roussâtres, laciniées; les nervilles atteignent la marge et vont s'y perdre; elle est très-variable dans ses dimensions, mais les frondes fertiles dépassent toujours en longueur les stériles; les sporanges assez grosses portent un anneau à 14 articulations; les spores sont noirâtres et irrégulièrement arrondies.

Icon.: *Tab. XXX, fig. 1.*

5. TENUICULUM, F.

Frondibus anguste linearibus, petiolo gracili, squamoso, laminis apice obtusiusculis, pilis stellatis et squamis rufis, adpresse vestitis; fertilibus angustioribus, petiolo longiori; sporangiis rotundis, annulo 10 articulato; sporis rotundis, fuscis.

Habitat in Venezuela, agro Tovarensi. (Fendler, n° 272.)

Filix parvula, gracilis, rhizomate crassiusculo, squamoso, radiculas brevissimas obtusas ferente.

ICON.: *Tab. XXIX, fig. 2.*

Cette jolie espèce est bien distincte; les frondes sont rassemblées en faisceau à l'extrémité d'un rhizome horizontal, relativement assez gros et écailleux.

6. ANGUSTISSIMUM, F.

Frondibus tenuatis, angustissimis, linearibus, acutis, petiolis filiformibus, flexuosis, rubricosis, squamosis, unisulcatis, laminis basi attenuatis; sterilibus et fertilibus conformibus; sporangiis ovatis, pedicello brevi donatis, annulo crasso 10-12 articulato; sporis ovatis, episporio lacerato vestitis.

Habitat in Bolivia. (Bridges, 1850.)

Filix debilis, elata, angustissima; frondibus ad summitatem rhizomatis erecti fasciculatis, squamis aterrimis, anguste linearibus, longe acuminatis rigidisque.

ICON.: *Tab. XXIX, fig. 3.*

Cette espèce a des frondes flexibles, portées sur des pédicelles fort longs, avec des lames opaques, atténuées aux deux extrémités; elles sont très-étroites, légèrement courbées et portent quelques écailles roussâtres. La marge des frondes stériles est roulée de dehors en dedans.

7. SQUARROSUM, Klot. *Linn.*, 1847, p. 424.

Frondibus aggregatis, rigidis; sterilibus breve petiolatis, pallide viridibus, utrinque attenuatis, paleis fuscis, lanceolatis, acuminatis vestitis, præcipue ad paginam inferiorem, petiolis hirtis; fertilibus longissime petiolatis, dorso paleis brevibus, ovatis, applanatis obtecto, laminis ovatis, brevibus; sporangiis crassis, annulo lato, 10 articulato; sporis ovalibus, rugosis.

Habitat in saxis ad Paramo de Mucute Colombiæ. (Moritz, n° 319.)

Filix parvula, rhizomate repente, crassitie pennæ corvinæ, dense squamoso; squamis longis, lanceolato-subulatis.

ICON.: *Tab. XXVIII, fig. 3.*

Espèce parfaitement distincte, qui tend, par sa squamescence, à se rapprocher des *Acrostichum* piloselloïdes.

8. Rœzlii, Schaffn. in F., Mém. antér., p. 69.

Nous n'avons que peu de chose à ajouter à la description que nous avons donnée de cette plante (*l. c.*). Les frondes fertiles sont chargées d'une prodigieuse quantité de sporanges presque rondes, portant environ 14 articulations à l'anneau; les spores sont noirâtres et d'assez petite dimension. Le pétiole des frondes est grêle, blanc, presque filiforme; il porte des écailles roussâtres qui s'écartent de leur point d'attache.

Icon.: *Tab. XXX, fig. 2.*

X. LEPTOCHILUS.

F., *Gen. filic.*, p. 54.

Ce genre a éprouvé de grandes vicissitudes depuis 1824, époque de sa création par Kaulfuss. Nous lui avions d'abord reconnu 9 espèces, 6 à frondes simples et 3 à frondes pinnatifides; mais dans le *Genera filicum* les espèces pinnatifides sont allées s'ajouter au genre *Gymnopteris.* Presl (*Epim. botan.*, p. 183) n'en conserve que 2 parmi les espèces à frondes simples et il éparpille les autres dans ses genres *Anapausia* et *Gymnopteris.* Dans le *Genera* de M. Th. Moore, il faut les chercher dans les genres *Nevrocallis* et *Gymnopteris.* Ce qui caractérise pour nous le genre *Leptochilus*, ce sont des frondes fertiles d'une étroitesse comparable à celle des *Vittaria* et des frondes stériles simples, à nervilles anastomosées, dont les mailles sont appendiculées.

Voici quelques espèces nouvelles de *Leptochilus.*

1. Thwaitesianus, F.

Frondibus sterilibus lanceolatis, glaberrimis, utrinque acutis, cartilagineis, opacis; fertilibus longissimis, linearibus, glaberrimis, supra striatis; sporangiis fulvis, pyriformibus, pedicello longo donatis, annulo lato, 14 articulato, articulis rubellis, remotis; sporis crassis, reniformibus.

Habitat in insula Zeylanica. (Thwaites, n° 316.)

Filix satis robusta, tenuis, frondibus aggregatis; rhizomate repente.

Cette espèce a des proportions supérieures à celles du *L. lanceolatus*, tel qu'il est figuré, *Histoire des Acrostichées*, t. XLVII, fig. 1. Les lames sont courtement pétiolées, cartilagineuses, opaques, décurrentes. Le rhizome est petit et rampant. La diagnose microscopique le sépare complétement du *L. lanceolatus*, dont il a le

port. Les sporanges sont pyriformes, très-allongées, avec un anneau très-large, dont les articulations sont écartées; les spores, courtement ovoïdes dans l'espèce à laquelle nous la comparons, se montrent ici réniformes.

2. ZEYLANICUS.

Frondibus sterilibus late lanceolatis, sessilibus, laminis decurrentibus, acutis; nervatione campylonevrorum, sed magis irregulari; fertilibus angustissimis, longissimis, petiolo nudo, extenso; sporangiis ovoideis, annulo lato 16-18 articulato; sporis brevibus, reniformibus.

Habitat in insula Zeylanica, (Thwaites, n° 1317.)

Filix repens, rhizomate tenui.

ICON.: *Tab. XXXI, fig. 1, magnitudine naturali.*

Cette espèce a quelque chose du port du *L. decurrens*, mais elle en diffère essentiellement par la nature du tissu des frondes stériles, par les dimensions et par la manière dont est constitué le réseau nervillaire, à mailles extrêmement petites; c'est aussi là ce qui la sépare du *L. hilocarpus*, espèce à frondes plus courtes et plus manifestement sessiles.

Le *L. Zeylanicus* rappelle, par ses frondes stériles, l'*Anetium citrifolium*, Splitg.

NB. Le *Gymnopteris normalis, Leptochilus minor* F., tel qu'il a été récolté au mont Khasia par MM. HOOKER fils et THOMPSON, semble différer de l'espèce des Philippines, provenant de CUMING, distribuée sous le même nom, n° 326, et reproduite tab. XXV, fig. 3, de l'*Histoire des Acrostichées*, où elle est décrite p. 87. Les frondes stériles sont oblongues, obtuses, assez longuement pétiolées, à marge des lames sinuées; la lame fertile est presque lancéolée; les frondes sont portées sur un rhizome délié. Les frondes stériles ressemblent aux frondes stériles des *Craspedaria;* nous en donnons la figure, tab. XXXI, fig. 2, sous le nom de *L. minutulus.*

I². PLATYCÉRIÉES, Th. Moore.

Ce petit groupe, à bon droit séparé des *Acrostichum*, a des sporanges nervillaires et non plus sporadiques comme dans les vraies Acrostichées. Il ne renferme qu'un seul genre et cependant on pourrait y faire rentrer certains *niphobolus* des genres *Polycampium* de Presl, *N. Penangianus*, Hook, et *Gyrosorium* du même auteur, *N. fissus*, Blum. Le système pileux est pareil et l'on trouve mêlées aux sporanges ces singulières productions qui ressemblent à des bourgeons, et dont nous avons donné la figure tab. LXIV, fig. 5 de l'*Histoire des Acrostichées*; nous avons dit plus haut que nous les regardions comme des sporanges transformées.

✝✝ Puissance prolifique se manifestant sur un réceptacle propre: sporothèces continus, coupant perpendiculairement les nervilles.

II. LOMARIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 65; Mém. antér., p. 24 et 70.

Les Lomariées renferment des plantes en général vigoureuses, très-féraces, à frondes tantôt monotaxiques et tantôt diplotaxiques, d'ordinaire pinnées ou pinnatifides, simples dans une seule espèce, le *Blechnum Lanceola*, Lk. bipinnées par exception dans le *Lomaria Fraseri*, Cunnigh., très-rarement mixtes. On en connaît de volubiles. La géographie de ces fougères est très-étendue; l'Europe en possède deux espèces, *Lomaria Spicant*, Desv. et *Acropteris septentrionalis*, Lk., *Asplenium septentrionale*, des auteurs.

Les *Lomaria* unissent ce groupe aux Acrostichées par le *Lomariopsis*, mais les sporanges sont nervillaires dans le premier de ces genres et épidermoïdes dans l'autre.

Les genres *Dendroglossa* et *Hymenolepis* ont un port particulier; cependant les conditions organiques dans lesquelles se trouvent les sporanges sont exactement les mêmes.

Les espèces que renferme le beau genre *Lomaria* sont en général d'une diagnose facile et ne laissent que peu de prise aux doubles emplois; il n'en est pas de même du genre *Blechnum*, dont certaines espèces très-polymorphes, semblent s'unir les unes aux autres, comme si elles dérivaient d'un seul et même type.

Ce groupe nous suggère les remarques suivantes :

20. LOMARIA, Willd.

F., *Gen. filic.*, p. 66, et Mém. antér., p. 24 et 70.

1. L. Dregeana, F.

L. pumila, Kze, *Linn.*, X, p. 508, non auctor.

Frondibus diplotaxicis, glaberrimis, rigidis, siccitate helveolis; sterilibus in ambitu lanceolatis, pinnatis, ad apicem pinnatifidis; frondulis sessilibus, arcuatis, acutis, basi cordatis, sursum auriculatis, inferioribus brevioribus, obtusissimis, remotis, decrescentibus; fertilibus pinnatis, apice pinnatifidis; frondulis linearibus, obtusis, basi dilatatis, auriculatis, indusio interrupto; sporangiis tabacinis, ovoideis, parvis, annulo 12-14 articulato; sporis subrotundis.

Habitat in promontorio Bonæ spei (Drège.)

Filix rigida, glaberrima, opaca.

(Dimensions: longueur 50 centim.; dans notre spécimen la fronde fertile est plus petite; envergure des frondes fertiles, 71 centim.; celle des stériles ne dépassant pas 7 centim.)

Les frondes fertiles et les stériles sont absolument différentes de dimensions et d'aspect.

M. Th. Moore, *Ind.*, p. 203, fait un *Blechnum* du *Lomaria punctulata*, Kze, dont les frondes sont manifestement diplotaxiques. Le nom spécifique *punctulata* s'entend des nervilles qui se terminent par un renflement ponctiforme de couleur noire. Le *Lomaria punctulata* de Drège, récolté au cap de Bonne-Espérance, ne serait autre chose que *B. rigidum* de Swartz.

Le *Salpichlæna Cumingiana*, F., *Gen. filic.*, p. 79, est réuni avec raison au *B. orientale* var. *longifolium* par M. Th. Moore.

21. BLECHNUM, L.

F., *Gen. filic.*, p. 72; Mém. antér., p. 25 et 71.

1. Angustifrons, F.; Mém. antér., p. 25, tab. IX, fig. 1.

M. Th. Moore, *Ind.*, p. 192, réunit cette espèce au *B. ceteracinum* de Raddi, qui n'est autre que le *B. polypodioides* de Swartz. Notre espèce est distincte par ses frondes sessiles, dont les segments sont séparés par de très-larges sinus; les inférieurs tendent à la forme deltoïde, tandis qu'ils sont ovoïdes dans le *B. polypodioides*, ce qui explique le nom de *B. ceteracinum*, attribué à cette fougère par Raddi; si l'on compare la figure donnée par nous avec la planche donnée par cet auteur, les différences deviendront tout à fait évidentes.

2. Malaccense, F., *Gen. filic.*, p. 74.

Réuni par plusieurs auteurs au *B. serrulatum*, Rich., et avec raison.

3. Schlimense, F.; Mém. antér., p. 71.

Réuni par M. Th. Moore au *B. fraxineum*, Willd. La description de cette plante, donnée par Willdenow, se rapproche bien de notre espèce; toutefois je ne vois pas *sub lente, margo apicem versus denticulis dissitis setaceis, brevibus obsitus*, non plus que les *sori a basi vix ultra medium excurrentes*. Ces caractères manquant, je doute que notre espèce et celle de Willdenow soient identiques.

4. Australe, L., *Mantissa*, p. 130.

Cette espèce, figurée par Schkuhr, t. 110 B., est bien un véritable *lomaria*, ainsi que l'a victorieusement établi Kunze (*Linnæa*, X, p. 508); mais ce botaniste a eu tort, suivant nous, de la rattacher au *L. pumila* de Kaulfuss, qui nous semble différent, c'est pourquoi nous avons cru devoir en faire une espèce distincte, le *Lomaria Dregeana* (voy. plus haut, p. 9.)

Le *B. occidentale*, L., cultivé dans tous les jardins botaniques et très-répandu sous les tropiques, est une plante dont il est difficile de déterminer avec précision les caractères spécifiques, tant elle est mobile dans ses formes.

III. VITTARIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 84; Mém. antér., p. 26 et 113.

Nous avons dit (*l. c.*, p. 95) que ce petit groupe se liait aux Lindsayées par le genre *Schizolepton*, aux Polypodiées par le *Drymoglossum*, dernier genre dont les espèces ont le système pileux des *Niphobolus* et le port des *Craspedaria*.

Les véritables Vittariées seraient représentées par les genres *Vittaria*, *Pteropsis*, *Schizolepton* et *Tænitis*, qui tous produisent des sporangiastres succinoïdes; plus ils abondent et moins les sporanges sont nombreuses; les écailles de la souche sont toujours cancellaires, c'est-à-dire qu'elles forment un réseau à mailles noires et en saillie; de plus, les radicelles se chargent constamment d'un tomentum très-abondant et de couleur fauve.

Les Vittariées privées de sporangiastres sont plus ou moins dissidentes. Le genre *Lomagramme* est couvert d'écailles peltées, comme les *Pleopeltis*. Deux seuls genres ont des frondes divisées, le *Cuspidaria* et le *Tænitis*. Le *Diblemma* est une plante paradoxale, qui n'a pas encore une place bien déterminée dans la série des genres.

M. Th. Moore a réduit les Vittariées au seul genre *Vittaria*; les *Tænitidées* ont reçu tous les autres. J'adhérerais volontiers à cette réforme, si l'on conservait dans ce petit groupe tous les genres à sporangiastres.

Le genre *Vittaria*, comme la plupart des genres nombreux, est d'une diagnose difficile dans les espèces qu'il renferme, et les doubles emplois sont très-difficiles à éviter. On peut regarder comme une grande singularité dans quelques espèces, le développement des sporanges entre les deux cuticules.

Nous donnons comme nouvelles les deux espèces suivantes.

27. VITTARIA.

F., *Gen. filic.*, p. 85.

1. Latipes, F.

Frondibus lanceolato-linearibus, acutis, coriaceis, opacis, rigidis, sessilibus, pendulis; mesonevro superne anguste canaliculato, laminis sessilibus, basi latissimis. (Reliqua ut in V. Zeylanica, F.)

Habitat in insula Madagascariensi. (Boivin, 1853, n° 1590.)

Filix robusta, rigida, frondibus congestis, rhizomate crasso.

Icon.: *Tab. XXXI, fig. 3; magnitudine naturali.*

Le caractère qui sépare cette plante du *V. Zeylanica*, consiste dans la largeur extraordinaire de la base des frondes, qui sont sessiles et aussi larges en haut qu'en bas; le mésonèvre, dans cette même partie de la plante, est plan du côté inférieur et montre latéralement deux bandes, qui disparaissent vers le tiers inférieur de la lame. Les sporangiastres abondent, ce qui explique le petit nombre de sporanges contenues dans les sporothèces; ajoutons que notre espèce est coriace, opaque, très-fragile à l'état de dessiccation, tandis que le *V. Zeylanica* est dans des conditions absolument contraires.

2. Hirta, F.

Frondibus linearibus, fere filiformibus, obtusiusculis, pilis longis, patulis, hirtis vestitis; sporotheciis extramarginalibus; sporangiis rotundis, annulo 16-18 articulato; sporis magnis, reniformibus; sporangiastris cyathiformibus.

Habitat in insula Borneensi (A. R. Wallace).

Filix nana, frondibus congestis, rhizomate repente.

Icon.: *Tab. XXXI, fig. 4.*

Cette espèce est l'une des plus petites de toutes les fougères connues et la seule qui soit velue. Les poils sont longs, étalés et blanchâtres.

3. Amboinensis, F., *Hist. des Vittar.*, p. 14, t. I, fig. 1.

Cette espèce doit prendre place parmi les espèces à sporothèces endophylles. Elle a été trouvée à Bornéo par M. A. R. Wallace.

Parmi les *Drymoglossum* se trouve le *D. abbreviatum*, F., mém. antér., p. 26, tab. X, fig. 2; espèce qui, n'étant fructifiée que vers le sommet, semble mieux placée parmi les *Hymenolepis*, à côté de l'*H. platyrhynchos*, Kze. Elle deviendrait ainsi l'*H. abbreviata*, et cela avec d'autant plus de raison que ses frondes sont monotaxiques; le contraire, comme on sait, a lieu pour les *Drymoglossum*.

IV. PLEUROGRAMMÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 96.

Ce groupe, qui renferme de très-petites fougères, se compose de six genres nettement séparés les uns des autres. Nous y avons placé l'*Adenophorus* de Gaudichaud, genre ambigu qui pourrait être placé ailleurs, sans y être beaucoup mieux. Le *Vaginularia* est le plus curieux et le plus distinct de tous. Nous avons accru le genre *Xiphopteris* d'une nouvelle espèce, le *X. extensa* de la Guadeloupe. (*Hist. inéd. des Foug. et des Lycopod. des Antilles.*)

††† Puissance prolifique nervillaire, terminale, partielle; sporothèces indusiés.

V. LINDSAYÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 104.

Ces fougères ont le port des *Adiantum*, dont elles ne diffèrent guère que par le mode de déhiscence des sporothèces, qui s'opère de dedans en dehors; dans les deux groupes les spores sont trigones.

La fructification est si rapprochée de la marge, qu'on pourrait les croire endophylles. Lorsque les deux cuticules ne se modifient pas, comme dans le genre *Isoloma*, elles prennent une apparence bilabiée. A l'exemple de quelques botanistes, nous croyons qu'il est sans inconvénient de réunir les genres *Schizoloma* et *Synaphlebium*, qui diffèrent uniquement par des frondules symétriques dans l'un et dimidiées dans l'autre.

Il existe quelques rapports entre les Lindsayées et les Davalliées par les genres *Stenoloma* et *Odontoloma*.

VI. ADIANTÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 112; Mém. antér., p. 4, 27 et 72.

Le genre *Adiantum*, type de ce groupe, le domine presque tout entier numériquement. Th. Moore, dans son *Index*, en énumère 122 espèces, sans compter de nombreuses variétés. M. Hooker, dans son *Species*, en décrit 108. Dire d'un genre qu'il est très-étendu, c'est annoncer que la détermination des espèces est difficile.

On trouve des *Adiantum* dans toutes les parties tempérées du globe. L'*A. Capillus Veneris* L., est la seule espèce qui soit européenne, encore n'habite-t-elle que les régions méridionales; le nord de la France ne la possède pas.

M. Th. Moore ne regarde comme appartenant à ce groupe que les genres *Adiantum* et *Hewardia;* il fait du *Casebeeria* une cheilanthée, et de l'*Ochropteris* une ptéridée. Nous ne croyons pas pouvoir nous ranger à l'opinion de ce botaniste, dont nous savons apprécier, comme nous le devons, les travaux consciencieux.

Les Adiantées et les Lindsayées sont presque universellement glabres et ne portent d'écailles que sur le rhizome.

48. ADIANTUM, L.

F., *Gen. filic.*, p. 112; Mém. antér., p. 4, 27 et 72.

1. Confine, F.

Frondibus pinnatis, ambitu lanceolatis, apice virgatis, radicantibus; petiolis longis, rufis, lucidulis; frondulis satis remotis, glaberrimis, oblongis, dimidiatis, basi truncatis, rectis, superne incisis; laciniis paucis, latissimis, petiolulo aterrimo; nervillis tenuibus; sporotheciis crassis, indusio hippocrepidimorpho; sporangiis rotundis, annulo 16-18 articulato; sporis pellucidis, trigonis cordatisque.

Habitat in insula Mascarenensi (de Montbrison).

Filix glabra, flexibilis, frondibus cæspitosis, surculo recto.

Icon.: *Tab. XXXII, fig. 1, magnitudine naturali.*

Cette espèce est radicante comme les *A. rhizophytum*, *hirsutum* et *rhizophorum*, au groupe desquels elle appartient. Elle diffère de ces trois espèces par la grandeur des frondules et par la grosseur des indusium; elle porte à la base des pétioles de longues écailles linéaires-lancéolées, roussâtres, faiblement adhérentes; ces pétioles, ainsi que les rachis, ont une belle couleur rouge; le rachis se prolonge beaucoup et devient prolifère; il est chargé de frondules de plus en plus petites, ovales-cunéiformes. On compte au centre 5 frondules seulement sur une étendue de 4 centimètres, tandis qu'il y en a 12 pour l'*A. caudatum*, L. et 10 pour l'*A. rhizophorum*, Sw.

NB. Nous possédons en herbier, provenant de MM. Hooker, F. et Thompson, récoltée à Canara, dans l'Inde anglaise, une espèce qui offre une très-grande singularité: les découpures des frondules, au lieu de se diriger vers le haut, se dirigent vers le bas; c'est une espèce pendante qui reprend sa station normale. Le nom d'*inversum* lui conviendrait parfaitement, mais on doit regarder cette particularité comme accidentelle; aussi nous contentons-nous de la signaler comme un fait curieux.

✝✝✝✝ Puissance prolifique marginale; sporothèces continus avec indusium.

VII. PTÉRIDÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 124; Mém. antér., p. 4, 31, 73 et 113.

De même que pour la plupart des groupes, les Ptéridées ont un genre qui domine numériquement tous les autres; tel est le *Pteris*, qui renferme aujourd'hui au delà de 120 espèces, dont la gravure et la lithographie n'ont reproduit que la

moitié. Les grandes fougères ont besoin de grandes planches et ne peuvent être admises que dans les ouvrages in-4° ou même in-folio, qui sont les plus chers et par conséquent les plus rares; c'est là ce qui nuit à la détermination des genres à espèces nombreuses: *Adiantum*, *Pteris*, *Phegopteris*, *Aspidium*, *Diplazium*, etc.

Le groupe des Ptéridées a généralement été adopté, tel que nous l'avons constitué, ce qui prouve combien il est naturel. Il réunit à lui seul toutes les modifications possibles de fronde, même la sagittée, la palmée et la pédiaire, si rares dans les autres groupes. Quelques espèces sont extrêmement amples. Il n'en existe point de grimpantes; le *Pteris aculeata*, Sw., des Antilles est arborescent, avec un stipe de la grosseur de la cuisse, couvert d'aiguillons; le *P. marginata* de Bourbon est désigné par Bory comme sous-arborescent. Quelques pétioles sont aiguillonnés; plusieurs espèces portent des épines molles, assez longues, sur le mésonèvre des lames supérieures.

Les sporothèces sont linéaires. L'indusium est continu, plus ou moins distinct de l'épiderme; les spores sont généralement trigones.

Il est à remarquer que les Ptéridées ne sont jamais ni radicantes ni prolifères, du moins n'en connaissons-nous aucune qui soit dans ce cas.

Le *Pteris crœsus* de Bory sécrète sous les indusium une matière blanche, analogue à celle qui charge les lames inférieures du *Ceropteris calomelæna*, Lk.

Nous possédons en herbier plusieurs ptéridées nouvelles, dont nous ne décrirons que la moindre partie.

52. PTERIS, L. emend.

F., *Gen. filic.*, p. 124; Mém. antér., p. 31, 73 et 113.

1. Longifolia, L.

Cette espèce, très-répandue sous les tropiques, varie beaucoup dans ses proportions; nous avons sous les yeux des spécimens provenant de la Guadeloupe, qui mesurent près d'un mètre. Une variété mexicaine a des frondes presque sessiles, avec des frondules étroites, nous en faisons une variété *mexicana*. Peut-être est-ce une espèce distincte. Les frondules sont étroites, sessiles et très-rapprochées; la base des pétioles est courbée et couverte d'écailles fauves très-abondantes, un peu crêpues, qui lui donnent un aspect laineux. Elle provient de M. W. Schaffner, qui l'a récoltée près d'Orizaba; elle porte, dans la collection dont nous lui sommes redevable, le n° 484 (*partim*).

Une autre variété, *P. ophioderma*, mérite d'être encore indiquée. Les frondules sont très-étroites, roulées sur elles-mêmes et semblables, très en petit, à la peau d'un reptile. Elle a été récoltée à Caraccas, par M. Moritz.

2. Mysorensis.

Frondibus amplis, petiolo subquadrangulari, longo, lævi, purpuruscente; frondulis lanceolatis, oppositis, sessilibus nitidisque; superioribus decurrentibus, basi coadunatis, apice longe acuminatis, mesonevro valido; sporangiis ovoideis, annulo 20-24 articulato; sporis fuscis, trigonis.

Habitat in regione tropicali Mysorensi.

Pteris Cretica var., *latifolia.* (Hook. fil. et Thompson.)

Filix elata, longe petiolata, glaberrima, frondibus homomorphis.

Icon.: *Tab. XXXII, fig. 2; fragm. magnitudine naturali, fig. 3. Frondula Pteridis Creticæ ad comparandum.*

(Dimensions: longueur 45 centim.; frondules inférieures: 16 centim. sur 2 centim. de largeur.)

Quoique cette espèce doive être placée à côté du *Pteris Cretica* L., elle en diffère grandement. Les frondules, beaucoup plus grandes, au lieu d'être aiguëment dentées à la marge, sont parfaitement entières et à peine ondulées; la pointe est entière et non dentée en scie; les nervilles ouvrent avec le mésonèvre un angle de 90°; elles sont si rapprochées qu'on peut en compter 20 par centimètre, tandis qu'il n'en existe environ que 12 dans le *P. Cretica.* La diagnose microscopique montre des différences dans la dimension des sporanges et dans la nature des spores, opaques dans notre espèce et transparentes dans le *P. Cretica,* etc.

3. Rostrata, F.

Frondulis .... pinnis primariis in ambitu oblongis, subsessilibus, rachi superne sulcato, sulcis duabus, profundis; pinnis secundariis (pinnulis) lanceolatis, alternis, subsessilibus, caudatis, cauda fertili undulata; mesonevro laminæ superioris spinuloso; segmentis marginem non attingentibus, rostratis, apice longe mucronato; mesonevris segmentorum canaliculatis, sporotheciis marginem totam invadientibus; sporangiis oblongis, pedicello longiculo intestiniformi, annulo 20 articulato; sporis trigonis.

Habitat in America æquinoxiali.

Filix magna a me non visa statu integro, sed tamen distinctissima.

Icon.: *Tab. XXXIII, fig. 1, Fragmenta.*

(Dimensions: pinnules, 45 centim.; pinnelles, 12 centim.)

Les caractères spécifiques ont ici une grande valeur. Le mésonèvre de la lame supérieure est canaliculé et le canal s'interrompt à chaque entre-nœud pour émettre une sorte d'épine molle et couchée; les segments sont fortement arqués et garnis latéralement de fructifications qui s'élèvent jusqu'au sommet du segment, ne laissant de libre que la pointe, qui est semblable à un petit bec.

4. Philippinensis, F.

Frondibus in ambitu pyramidatis, basi tripinnatis, heteromorphis, inæqualibus, superne bipinnatis, flexibilibus, translucidulis; pinnis et pinnulis petiolatis, petiolo et rachi fuscis lævibusque; pinnulis lanceolatis, longe acuminatis; segmentis distantibus, oblongis, sinu acuto, apice obtusissimo, argute serrato; nervillis tenuibus; sporotheciis interruptis; sporangiis ovoideis, annulo 18 articulato; sporis trigonis.

Habitat in Luzon Philippinarum. (Cuming, n° 8.)

Pteris pellucens, *J. Smith Enum. Fil. Philipp. in* Hook., *Bot. Journ.* III, 405; Hook., *Spec. filic.* II, p. 191.

Icon.: *Tab. XXXIII, fig. 2, pars superior.*

Filix tenera, subheteromorpha, glaberrima.

(Dimensions: 50 centim. de longueur; partition de la base des frondes: 16-18 centim.; frondules: 12 centim. La pointe des pinnules mesure près de 3 centim.)

Cette plante ne saurait être le *P. pellucens* de M. Agardh (*Monog.*, p. 43, sp. 51), duquel il est dit *frondis ternatæ ramis subsimplicibus pinnatis, pinnis sessilibus*, etc.

5. Crœsus, Bory, *Itin.*, II, p. 292.

Cette plante est fort rare; nous la tenons de Bory lui-même. Elle est parfaitement décrite par M. Agardh, dans sa consciencieuse monographie du genre *Pteris*, p. 39. Nous noterons cette particularité que, mêlées aux sporanges et sous les indusium, quel que soit leur âge, se trouvent des granulations blanches très-abondantes, qui donnent à la plante l'aspect d'un *ceropteris;* délayés dans l'eau, ces corpuscules se résolvent en petits grains atomistiques.

A côté de cette curieuse espèce pourrait se placer une fougère aussi de Bourbon, récoltée par feu de Montbrison. L'indusium est semblable, mais il n'y a pas de sécrétion et les segments pinnulaires sont linéaires et plus écartés; le nom de *P. crœsoides*, destiné à consacrer les analogies qui unissent ces deux plantes, serait convenablement appliqué.

6. Oppositi-pinnata, F.

Frondibus oblongis, bipinnatis, glabris, petiolo anguste canaliculato, atro, purpureo, asperiusculo; pinna infima bipartita, partitione inferiore reflexa; pinnis lanceolatis, sessilibus, numerosis, approximatis, oppositis, terminali conformi, apice caudato, cauda lineari, crenulato-undulata; segmentis lanceolato-linearibus, obtusis, pectinatis, usque ad costam divisis; mesonevro pinnarum et segmentorum spinulas rigidas, prostratas superne ferentibus; sporotheciis angustis, procul costa evolventibus; sporangiis ovatis, annulo 20 articulato; sporis trigonis.

Habitat in Philippinis. (Cuming, *sine numero.*)

Filix formosa, elegans, multipinnata, pinnis oppositis, sessilibus.

Icon.: *Tab. XXXIII, fig. 3,* a) *pars superior;* b) *pars inferior.*

(Dimensions: près de 50 centim. sans le pétiole, qui est tronqué dans notre spécimen et de la grosseur d'une plume de pigeon. La fronde porte 14 paires de frondules ayant 13-15 centim. de longueur sur 2.5 centim. de largeur; il existe jusqu'à 40 paires de segments. Les entre-nœuds sont distants les uns des autres de 3 centim. environ.)

Il sera facile de distinguer cette espèce du *P. quadriaurita*, de Retz, d'abord parce qu'elle est *biaurita* seulement et que ses frondules sont exactement opposées, sessiles et pectinées, ensuite et surtout à cause de corps semblables à de petites épines couchées, qui occupent le côté supérieur de la fronde et qui naissent sur le rachis des pinnules ainsi que et sur le mésonèvre des segments, si nombreux sur ceux-ci, qu'on peut en compter jusqu'à 16 et 18 dans le trajet du mésonèvre.

7. Punctata, F.

Frondibus pinnato-pinnatifidis, oblongis, glaberrimis, petiolo et rachibus atro-purpureis, lævibus; pinnulis inferioribus bipartitis et reflexis, omnibus sessilibus, curvatis, lanceolatis, suboppositis, acuminatis, terminali longe petiolata; segmentis oblongis, apice paucidentatis, cuticula laminarum punctis atomisticis, numerosissimis, cribrata; sporotheciis continuis, marginem totam invadientibus.

Habitat in insula Borbonica (Bory).

Filix pellucens, glabra, tenuis, satis delicatula.

Icon.: *Tab. XXXII, fig. 4; magnitudine naturali.*

(Dimensions: 34 centim. de la naissance des pinnules au sommet de la terminale, qui est un peu plus large que les autres frondules; celle-ci mesure 16 centim. sur un peu moins de 3 centim. de largeur; il existe sur notre spécimen 6 paires de frondules seulement.)

Cette espèce est parfaitement caractérisée par les myriades de petits points globuleux qui chargent les lames de l'un et de l'autre côté. La dernière paire de pinnules porte deux pinnelles, dont les deux inférieures sont dirigées vers le bas et naissent à quelque distance du pétiole.

VIII. CHEILANTHÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 145.

Nous nous sommes efforcé, dans les mémoires précédents (*Genera*, p. 155 et 162; Mém. antér., p. 115-117), de caractériser, le plus nettement possible, les genres qui composent ce groupe difficile, voisin des Adiantées par le genre *Adian-*

topsis, des Ptéridées par quelques espèces du genre *Cheilanthes*, et des Davalliées par le genre *Hypolepis*. Onze genres le constituent, tous très-distincts par le port et par l'organisation des sporothèces. La nécessité où nous nous sommes trouvé de démembrer le genre *Cheilanthes*, pour le circonscrire dans des limites naturelles, nous a fait créer plusieurs genres, que nous persistons encore aujourd'hui à regarder comme parfaitement distincts.

Malgré tout, les botanistes qui ont admis plusieurs de nos genres, ont compris ce groupe autrement que nous ne le comprenons, laissant au genre *Cheilanthes* une extension démesurée, si bien que les caractères sur lesquels il est établi, ne sauraient être fixés, ni se rapporter à toutes les espèces qu'ils y renferment. Le premier que l'on invoque est la présence d'un indusium; or, ce tégument n'existe que très-rarement ou bien ne tire son origine que de la marge amincie devenue scarieuse.

Les frondes des Cheilanthées ont une grande propension à se diviser. On n'en connaît point qui soient simples ou même simplement pinnatifides; les frondes pinnées sont rares et n'existent que dans deux genres peu nombreux en espèces, *Nothochlœna* et *Jamesonia;* les frondes composées ou surdécomposées sont les plus nombreuses. Beaucoup d'entre elles sont écailleuses ou poilues, ce qui est plus rare. Les *Hypolepis* ont presque tous des stipes épineux; ce sont les plus vigoureuses de tout le groupe, qui, en général, se compose de plantes délicates. Quelques-unes ont une odeur agréable, voisine de celle du mélilot (*Cheilanthes odora*, Sw., *pyramidalis*, F., *Chilensis*, F.). Le système pileux est très-remarquable. Les poils, étranglés d'espace en espace, sont intestiniformes; on les trouve mêlés aux sporanges dans les genres *Myriopteris*, *Plecosorus* et *Eriosorus*. Ils sont glanduleux dans le *Cheilanthes viscosa*, Klfss.

Le genre *Jamesonia* est remarquable par le développement indéfini de la fronde.

Nous n'avons que très-peu d'espèces nouvelles à indiquer; les remarques critiques sur quelques espèces controversées nous mèneraient trop loin; aussi nous abstiendrons-nous de les faire.

64. PLECOSORUS.

F., *Gen. filic.*, p. 150.

? 1. Leptocladon, F.

Frondibus tripinnatis, glabris, rigidis, spissis; pinnis oblongis, bipinnatis, longe petiolatis, rachi cylindrico, helveolo; pinnulis alternis, approximatis, lanceolatis, acutis, breve petiolatis; mesonevro puberulo; segmentis sublinearibus,

crenatis, acutis, crenis convolutis; sporotheciis rufescentibus; sporangiis crassissimis, sessilibus, cum pilis longissimis, vittatis, passim strangulatis, immixtis; annulo fere completo, latissimo, 30-32 articulato; sporis crassis, triangularibus, marginatis, margine crenulato.

Habitat in Novo-Granatensi, Ocaña. (L. Schlim, nº 438.)

Filix magna, crassa, rigida, inermis.

Icon.: *Tab. XXXIV, fig. 1; magnitudine naturali.*

(Dimensions: partition primaire 32 centim.; secondaire du côté inférieur 9 centim.; du côté supérieur 12 centim.; les unes et les autres atteignent 2 centim. de largeur. Le pétiole ne dépasse guère 4 centim.; les pinnelles sont au nombre de 25 et plus.)

Cette plante est fort curieuse et laisse du doute sur le genre auquel il convient de la rapporter. Il nous a semblé que les sporothèces étaient nervillaires; mais la manière dont les crénelures se recourbent sur les sporanges, ainsi que les longs poils, mêlés à ces organes reproducteurs, semblent en faire une Cheilanthée.

L'anneau est presque complet, fort large; le *stoma* n'occupe qu'un espace extrêmement restreint. Le *sacculus* très-élastique est rempli de spores qui le distendent, si bien qu'il s'élève au-dessus du niveau de l'anneau, et paraît bilobé; il donne à la partie supérieure de la sporange une apparence obcordée; comme cet effet n'est pas général, on croirait, en comparant les sporanges turgides avec celles qui ne le sont pas, qu'il en existe de deux sortes, tant est grande la dissimilitude.

67. CHEILANTHES, Sw.

F., *Gen. filic.*, p. 155.

1. Venusta, F. *Cat. Foug. Mexic.*, p. 12; var. *aurata.*

Cette espèce, ainsi que la variété, doivent rentrer dans le *C. angustifolia* H. B. Kth. *Nov. Gen.*, 1, 21; elle ne mérite guère le nom d'*angustifolia*, plusieurs congénères ayant des segments encore plus étroits. Les sporothèces sont continus, avec un faux indusium assez large. Les sporanges, remarquables par leur grandeur, portent un anneau sur lequel nous comptons 30 articulations; il est fort large; les spores, très-grosses, globuleuses et très-légèrement papilleuses, ont un aspect noirâtre.

68. NOTHOCHLÆNA, R. Br.

F., *Gen. filic.*, p. 158.

1. Pruinosa, F., Mém. antér., p. 78 et *Cat. méth. Foug. mexic.*, p. 12.

Frondibus pinnatis, linearibus, apice obtusiusculis, petiolo longo, rufescente, squamoso; frondulis alternis, remotis, sessilibus, triangularibus, obtusis, basi auri-

culatis, subtus squamis lanceolatis, rufescentibus, supra pruinosis, ciliato-laceratis vestitis; sporotheciis marginatis; sporangiis opacis, crassis, pyriformibus, umbilicatis, annulo obliquo; sporis crassis, globulosis.

Habitat in Mexico (vallée de Toluca); W. Schaffner, n° 107[c].

Icon.: *Tab. XXXIV, fig. 2, magnitudine naturali.*

Cette espèce semble intermédiaire entre les *N. sinuata* et *trichomanoides*, et peut-être n'est-elle qu'une variété de l'une ou de l'autre. Cependant elle est tout à fait remarquable par les écailles ciliées blanches et très-étroitement appliquées qui recouvrent entièrement les lames supérieures.

††††† Puissance prolifique agissant sur toute l'étendue des nervilles: sporothèces nus.

IX. HÉMIONITIDÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 164; Mém. antér., p. 41 et 118.

Ce groupe semble bien caractérisé; les genres, au nombre de huit, ne renferment tous qu'un petit nombre d'espèces. Il donne lieu aux remarques suivantes :

Le genre *Trismeria* a cette analogie avec le *Ceropteris*, de se recouvrir inférieurement d'une sécrétion céreuse, blanche dans le *T. argentea*, dorée dans le *T. aurea*. Il faudra voir sur des spécimens plus nombreux que ceux que nous possédons, si ces deux espèces sont vraiment distinctes.

Le genre *Botryogramme* (*Gen. filic.*, p. 166) a été créé bien avant nous, par Lagasca, sous le nom de *Llavea*. (Voy. Mém. antér., p. 118 et 122.)

Les espèces du genre *Coniogramme*, que les ptéridologues persistent à placer parmi les *Gymnogramme*, genre dont il est impossible d'indiquer les caractères et les limites, semblent présenter une grande confusion dans leur synonymie. Sous le nom de *Javanica* on comprend deux espèces pour nous distinctes, le *Javanica* des Philippines (Cuming, n° 86) et le *Javanica* des Indes orientales, qui lui-même a deux formes très-différentes, celle du *Javanica*, herb. Graham, et celle du *Javanica*, herb. Hook., F. et Thompson, ainsi que celui d'Assam, recueilli par M. Griffith. Voici comment nous croyons pouvoir établir la spécificité de ces formes :

I. C. Javanica, Blum., tab. XLI *sub Gymnogrammate*, Philippines, Cuming, n° 86. Marge parfaitement entière, roulée sur elle-même; sporothèces atteignant la marge. — Cultivée dans les jardins.

II. C. SERRULATA, Blum., t. XLII, *sub Gymnogrammate,* Lady Dalhousie; herb. Graham. — Indes orientales. Frondules denticulées, à dents molles; sporothèces atteignant la marge.

III. C. PROCERA, Wall. *sub Gymnogrammate*, herb. Hook fils et Thompson. Frondules à dents cornées, raides; sporothèces ne dépassant guère la moitié de la lame. — Sikkim, Indes orientales.

IV. C. INDICA, F. *Grammitis caudata,* Wall. Assam par Griffith, n° 49. Frondules dentées, à très-longue pointe; elles sont atténuées à la base; sporothèces dépassant les deux tiers de la largeur de la lame.

Nous réduisons le genre *Syngramme* à une seule espèce, analysée par nous dans le *Genera*, t. XV, *B.*, f. 1. Les frondes sont simples et diplotaxiques. Le *Syngramme alismæfolia*, Sm., est une Diplaziée, devenue le type du genre *Pteriglyphis.* (*Gen.*, p. 219, Tab. XVIII B., fig. 1.) Le *S. pinnata*, Sm., nous est inconnu.

Le *Pteriglyphis*, fougère indusiée, ne saurait être réunie au *Syngramme*, qui est gymnosore.

Les auteurs ne reconnaissant que trois espèces d'*Hemionitis*, nous croyons qu'il faut en ajouter une quatrième, provenant des Philippines (Cuming, n° 285); nous lui donnerons le nom du collecteur.

77. HÉMIONITIS, L.

F., *Gen. filic.*, p. 171.

§ 1. Frondes à marge entière.

1. SAGITTATA, F., *Gen. filic.*, p. 172, tab. XXIV, D.

Plante vigoureuse, cartilagineuse; frondes stériles cordiformes; les fertiles sagittées; elle est glabre et souvent prolifère.

HUGEL, *Asie orientale*, n°s 3573 et 3882; herb. de Vienne.

2. CORDATA, Roxb. Mssc. Hook et Grev. *Icon. fil.*, LXIV.

Frondes presque coriaces, les fertiles plutôt triangulaires que sagittées, à pétioles vigoureux, élancés, couverts d'écailles roussâtres, piliformes, très-abondantes sur les lames inférieures et mêlées en grande quantité aux sporanges; les spores sont trigones et non ovoïdes, comme le voudrait la figure citée.

3. CUMINGIANA, F.

Frondes molles, membraneuses, pétioles écailleux; les stériles radicales, courtement pétiolées, cordiformes, très-obtuses; les fertiles très-longuement pétiolées, pétiole très-grêle, lames cordiformes à lobes, peu dilatés, poils

extrêmement nombreux, mêlés aux sporanges, qui sont assez petites, avec un anneau portant 18 à 20 articulations et des spores obscurément trigones.

Cuming, n° 185; Philippines, île du Corregidor (herb. F.).

§ 2. Frondes à marge divisée.

4. Palmata, L. et *auct.*

Spores courtes, ovoïdes, arrondies, obscurément trigones et finement papilleuses.

Le genre *Dictyocline*, Th. Moore, *in Gen. filic.*, rentre parfaitement dans ce groupe, quoiqu'il ait un port très-spécial; nous ne le connaissons qu'à l'état stérile. De longs poils raides et blanchâtres naissent sur toutes les nervilles, dont ils dessinent élégamment les anastomoses.

X. ANTROPHYÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 174; Mém. antér., p. 42.

Nous n'avons rien de particulier à dire sur ce groupe, dont le genre type, *Antrophyum*, a été étudié dans une monographie spéciale. Il renferme environ cinquante espèces, réparties dans trois genres. Les frondes sont presque toujours simples et les nervilles constamment réticulées avec ou sans appendices.

80. SELLIGUEA.

Bory, *Dict. classiq.*, t. XV, p. 344.

Bory ne connaissait qu'une seule espèce de ce genre curieux, le *Selliguea Feei*, de Java. La description qu'il en donne, faite sur un seul spécimen, est incomplète et nous y suppléons, ayant vu cette belle fougère dans un état magnifique; nous la possédons vivante, provenant d'Amsterdam, où elle est cultivée dans le riche jardin de fougères de M. J. A. Willink. Le rhizome est rampant, de la grosseur d'une plume d'oie et couvert d'écailles dorées; les frondes sont dissimilaires, simples, glabres, ovales-lancéolées, à marge entière cartilagineuse, portées sur de longs pétioles, minces et fort souples. Elles atteignent environ 60 centim. de longueur sur 7 de largeur; les pétioles sont aux lames :: 2 : 1. Les fertiles plus étroites, plus petites, plus aiguës, avec une pointe ondulée, se chargent de sporothèces linéaires, d'ordinaire interrompus, fort gros, portés sur un réceptacle très-étroit, continu, légèrement proéminent; l'anneau est large, avec 14-16 articulations; le sacculus est abondamment rempli de spores ovoïdes, très-grosses et d'apparence striée.

XI. LEPTOGRAMMÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 178; Mém. antér., p. 43 et 78.

Ce groupe renferme des genres qui diffèrent beaucoup par le *facies*. Le *Pterozonium* a des frondes presque orbiculaires, qui rappellent celles de l'*Adiantum reniforme*, L. L'*Hecistopteris* est l'une des plus petites fougères connues, tandis que les *Gymnogramme* et les *Ceropteris* sont, au contraire, très-amples. Tous, cependant, sont très-bien caractérisés, à l'exception du *Gymnogramme*, qui, comme le *Cheilanthes*, n'a point de caractères fixes. En effet, on regarde comme *Gymnogramme* toute plante à sporothèces nus, nervillaires, non pas arrondis, mais ovoïdes et plus ou moins allongés; or ils se raccourcissent souvent et ne peuvent plus être distingués des *Phegopteris*, dont ils ont tout à fait le port. Les transitions qui conduisent de l'un à l'autre de ces genres sont tellement ménagées, qu'il n'est pas possible de voir où elles s'arrêtent. Dans la plupart des *Polypodium* et des *Phegopteris*, si le sporothèce paraît arrondi, les sporanges n'en reposent pas moins sur un réceptacle ellipsoïde, plus ou moins allongé; c'est donc à l'arrangement des sporanges, dont les pédicelles sont de longueur différente, qu'est due cette apparence. Dans cet état de choses nous croyons qu'on peut, non-seulement sans inconvénient, mais avec avantage, faire des *Gymnogramme* un sous-genre du *Phegopteris*, comme on peut faire des *Grammitis* un sous-genre du *Polypodium*.

Notre *Ceropteris monosticha* est devenu un *Nothochlæna* pour M. Th. Moore, et en effet les sporothèces sont marginaux et disposés sur une seule série, mais ici le port est absolument le même que celui des autres espèces, et cette considération doit l'emporter, car malgré leur situation, les sporanges sont nervillaires et anatomiquement semblables. Les spores sont triédriques et non globuleuses comme dans les *Nothochlæna*. (Voy. Mém. antér., p. 44.)

L'hybridité de certaines espèces de *Ceropteris*, admise par les auteurs, était, avant la découverte de MM. Suminski et Nægeli, d'une explication impossible; maintenant elle est facile à donner. Si l'anthérozoïde est un agent de fécondation pour l'archégone, comme le pollen pour l'ovule des phanérogames, on peut croire que quand les fougères se développent les unes à côté des autres, un anthérozoïde étranger à l'espèce, en voie d'évolution, peut pénétrer dans l'archégone et féconder le petit corps qui en occupe le fond et qui semble remplir le rôle d'ovule, au préjudice de l'anthérozoïde normal, de manière à donner la vie à l'un de ces êtres mixtes, que nous qualifions d'hybride. Ainsi seraient formés les *Ceropteris Martensii*, *Massoni* et quelques autres, observés principalement dans nos jardins botaniques.

Le nom de *Ceropteris* n'est pas chimiquement exact. La sécrétion blanche, rose, dorée ou jaune, produite par des glandes, est plutôt résineuse que céreuse. L'alcool et l'éther la dissolvent avec une très-grande facilité, et la dissolution qui se trouble reprend sa limpidité par l'action des alcalis, ce qui n'a pas lieu pour les cires. Certains genres sont en quelque sorte caractérisés par elle, *Ceropteris*, *Cincinalis*, *Aleuritopteris*, *Trismeria*, tandis que chez d'autres elle est exceptionnelle : *Adiantum sulfureum* Klfss., *Pteris argyræa* et *Cræsus* Bor., *Anogramme rosea* F.; le genre *Adenophorus*, si riche en glandules, n'a aucune sécrétion apparente ; beaucoup d'autres fougères sont dans ce cas.

Le genre *Anogramme*, qui renferme les plantes les plus délicates de la famille des Polypodiacées, devra plutôt réduire qu'augmenter ses espèces. Il en est un certain nombre qui constitue un petit groupe curieux, composé de plantes grimpantes dont le rachis, très-lisse et rougeâtre, est fléchi en zig-zag. Dans toutes les espèces les sporanges sont entremêlées de longs poils ; elles ont un anneau portant de 20 à 24 articulations. On les connaît sous les noms suivants, et ce ne sont guère que les formes d'un même type :

A. FLABELLATA, Hook., *sub gymnogrammate*.

A. RUIZIANA, F., *Gen. filic.*, p. 184.

A. REFRACTA, F., *l. c.*, t. XIX, fig. 2.

A. VILLOSA, F., *l. c.*

A. BIFIDA, F., *S. nov.*, semblable par le port aux *A. Ruiziana* et *refracta*, mais à segments allongés, linéaires, bifides, à branches très-ouvertes, obtuses. Elle a été récoltée à Ocaña, Nouvelle-Grenade, par M. L. SCHLIM et distribuée sous le n° 367.

L'*A. rosea*, F., a, quoique dressée, une organisation semblable aux cinq espèces plus haut énumérées.

XII. ASPLÉNIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 183; Mém. antér., p. 46, 81 et 120.

Les Aspléniées reproduisent, dans l'universalité de leurs espèces, toutes les formes possibles de frondes, moins la pédiaire. Les *Athyrium* et les *Hypochlamys* ont le port des Aspidiées, et plusieurs *Aspidium* celui des Diplaziées. On trouve des Aspléniées sous toutes les latitudes, moins les régions polaires ; cependant c'est sous les tropiques et l'équateur qu'elles abondent. Elles sont en général robustes ; il n'en existe point d'arborescentes.

Les Aspléniées sont moins disposées à se charger d'écailles que la plupart des autres fougères, mais bien plus disposées à la viviparité, le genre *Asplenium* sur-

tout. Plusieurs espèces ont une synonymie assez embrouillée, ce qui s'explique par une très-grande mobilité dans la forme des frondes, pinnées ou bipinnées dans un même type spécifique, témoin les *A. abscissum*, Willd., *auritum*, Sw., *falcatum* Lmrk., *præmorsum*, Sw. et d'autres encore.

Quoique l'on connaisse plus de 300 espèces d'*Asplenium*, M. Th. Moore en énumère 322, parmi lesquelles 128 ont été figurées. Ce nombre peut admettre encore les espèces suivantes :

88. ASPLENIUM, L.

F., *Gen. filic.*, p. 189; Mém. antér., p. 46, 81 et 120.

* *Indes et archipel africain.*

1. Dufourii, F.

Frondibus pinnatis, in ambitu oblongis, membranaceis, glabris, rachi helveolo, lævissimo, debili, depresso, subtus late canaliculato, superne curvato, petiolorum decurrentia subalato; frondulis ovato-lanceolatis, petiolatis, alternis, terminali ampliori, basi abrupte cuneiformibus, apice caudatis, marginibus remote et breve dentatis; nervillis tenuibus, marginem non attingentibus; sporotheciis centralibus, crassis, leviter curvatis, tabacinis; indusio angustissimo; sporangiis rotundis, annulo 20 articulato; sporis ovoideis.

Habitat in insula Borbonica (Bory).

Filix, latitudine frondularum, rachi alato, flexibilitate frondium, nervillis tenuibus, remotis notata.

Icon.: *Tab. XXXV, fig. 1, magnitudine naturali.*

Cette espèce a des caractères parfaitement tranchés; le spécimen que nous décrivons, et dont la figure ici donnée reproduit les deux tiers supérieurs, provient de Bory, qui avait cru voir en lui le *Diplazium juglandifolium* de Swartz; il nous a été communiqué par feu notre excellent ami, M. Léon Dufour, à la mémoire vénérée duquel nous le consacrons comme un témoignage d'estime affectueuse et de profonds regrets.

2. Resectum, Smith, Icon. *ined.*, t. LXXII, Sw., *Syn.*, p. 80, etc.

Ce ne saurait être la plante figurée par Hook. et Grev. Icon. CXIV. Nous possédons un spécimen authentique de cette espèce, très-facile à reconnaître à ses frondules tout à fait dimidiées. La fougère du Malabar, récoltée par MM. Hooker fils et Thompson, appartient bien à cette espèce; mais les n°s 40 et 110 des Philippines, distribués par Cuming, se rattachent à la forme suivante, que l'on trouve aussi au Mexique (Schaffn., n° 51), quoique légèrement modifiée.

3. Cristatum, Wall., Cat., 211.

C'est à cette plante, qui n'est pas simplement une variété, ainsi que le voudrait M. Th. Moore, que se rapporte la planche CXIV des *Icones* de MM. Hooker et Gréville. Presl, *Epim. bot.*, p. 74, et nous-même (*Gen. filic.*) en avions fait l'*A. excisum*, mais le nom donné par M. Wallich doit prévaloir, étant plus ancien.

Le n° 40 des Philippines (Cuming) est un peu différent.

4. Semidentatum, F.

Frondibus extensis, in ambitu lanceolatis, petiolis elatis, rigidis, squamulosis, rachibus virgatis, fuscis, glabris; frondulis alternis vel oppositis, lanceolatis, caudatis, petiolatis, basi cuneiformibus, sursum latioribus, marginibus ad dimidiam partem inferiorem integris seu tantum leviter crenatis undulatisve, superne dentatis, dentibus obtusis, validis; nervillis tenuibus, nigricantibus, marginem attingentibus, super laminam superiorem rima indicatis; sporotheciis linearibus, centralibus, indusio angusto; sporangiis rubricosis, annulo 18 articulato; sporis ovoideis, lævibus, vitreis.

Habitat in insula Borbonica. (De Montbrison.)

Filix magna, angusta, multifrondulosa, apice caudata; cauda angustissima et virgata.

Icon. : *Tab. XXXVIII, fig. 1, (pars).*

(Dimensions: longueur totale 75-85 centim.; les frondules centrales 10 centim. Le pétiole atteint à la base la grosseur d'une petite plume d'oie; il fait le tiers de la longueur totale; les sporothèces ont de 9 à 11 millim. d'extension.)

Cette fougère est très-belle, très-élancée, à frondules étroites, longuement acuminées, dressées, les supérieures arquées, la terminale lancéolée, étroite, dentée, crénelée; les frondules du haut de la fronde produisent en grande quantité de petits bourgeons adventifs qui émettent quelquefois une très-petite expansion linéaire, obtuse, qui s'arrête dans son développement. Les pétioles et le rachis sont assez abondamment couverts d'écailles ovoïdes, facilement caduques.

Nous appelons l'attention sur une espèce, aussi de Bourbon, dont nous n'avons qu'un fragment inférieur. Elle se rapproche de la précédente. Le pétiole et le rachis sont quadrangulaires; la marge des frondules de cette fougère est dentée dans tout son pourtour; nous en faisons l'*A. tetragonum.*

5. Notabile, F.

Frondibus pinnatis, oblongo-lanceolatis, rachibus squamis angustissimis, nigrescentibus parce vestitis, petiolo supra tricanaliculato, fuscescente; frondulis patulis, brevissime petiolatis, lanceolatis, acuminatis, argute serratis, apice steri-

libus, basi cuneiformibus, sursum subauriculatis, ad centrum oppositis, omnibus proliferis, prolificationibus obcordatis, pellucidis, tot sporotheciis quot dentibus, circa mesonevron nascentibus, linearibus, indusio angusto; sporangiis rubescentibus, annulo angusto, 24 articulato, sacculo facile soluto; sporis leviter reniformibus.

Habitat in insula Borbonica. (Bory.)

Filix splendida, rigidula, multifrondulosa, frondulis eleganter serratis, proliferis.

Icon. : *Tab. XXXVI, fig. 1, magnitudine naturali.*

(Dimensions de la partie fronduleuse seule 50 centim. Frondules centrales: 9 centim. sur 9-11 centim. de largeur à la base; les entre-nœuds, 2 centim.; je compte une trentaine de paires de frondules et 20 à 22 sporothèces sur chaque côté des lames.)

Cette espèce est aussi belle que distincte; les frondules portent, presque sans exception, surtout au sommet vers le mésonèvre, de petites souches noirâtres et arrondies qui émettent de courtes expansions foliacées, ne dépassant pas un centimètre; elles sont obcordées et translucides. Il en existe parfois jusqu'à 6 sur la même lame; la plante leur doit un aspect tout à fait curieux.

** *Espèces américaines.*

6. Debile, F.

Frondibus pinnatis, linearibus, attenuatis, petiolo rachique filiformibus; frondulis alternis, brevissime petiolatis, subquadratis, basi truncatis, in ambitu dentatis, dentibus mucronatis; sporotheciis quatuor aut minus, indusio ovoideo, curvato; sporangiis tabacinis, rotundis, annulo angusto, 28-32 articulato; sporis rotundis, parvulis.

Habitat in Bolivia, provincia Tominense. (Weddell, n° 3790.)

Filix parvula, glaberrima, rhizomate crasso, fibrilloso.

Icon. : *Tab. XXXV, fig. 2, magnitudine naturali.*

Petite espèce très-délicate, flexible, portant un assez grand nombre de petites frondules qui décroissent de la base au sommet.

7. Macrodon, F.

Frondibus pinnatis, lanceolatis, glabris, apice gemmiferis, rachi nudo; frondulis alternis, ovoideis, obtusis, abscissis, in petiolo desinentibus, sursum plus minusve auriculatis, marginibus dentatis, dentibus crassis, obtusis, arcuatis, inferioribus bifidis; sporotheciis crassis, ovoideo-elongatis; sporangiis rufidulis, ovoideis, annulo 24 articulato; sporis ovoideis.

Habitat in Quito. (Jameson, 1845, *sine numero.*)

Filix apice virgato, prolifero, frondibus basilaribus reflexis, suborbicularibus.

(Dimensions : 36 centim. sans le pétiole ; frondules : 3 centim. sur 8-9 millim. de largeur.)

Fougère à frondules très-obtuses, celles du tiers inférieur légèrement arquées, toutes profondément dentées, à dents grosses, recourbées en bec et obtuses. La planche LXVIII de Schkuhr (*Crypt. Gew.*), donnée pour l'*A. marinum* L., rappelle beaucoup cette espèce.

XIII. SCOLOPENDRIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 209; Mém. antér., p. 56 et 122.

Ce groupe, très-peu nombreux en espèces, ne présente aucune particularité nouvelle à ajouter à ce que nous en avons dit ailleurs.

XIV. DIPLAZIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 212; Mém. antér., p. 84.

Les Diplaziées seraient plus nettement caractérisées si tous les sporothèces étaient doubles, mais il existe un grand nombre d'espèces, celles précisément qualifiées de vrais *diplazium* (*Eudiplazia*), qui n'ont qu'un très-petit nombre de sporothèces, quelquefois un ou deux seulement, ainsi conformés. Cette particularité en fait des *Asplenio-diplazium*, bien plus *asplenium* que *diplazium*. Sauf ces circonstances assez fréquentes, que nous avons du reste indiquées ailleurs (*Gen. filic.*, p. 220), ce groupe est bien limité; ajoutons pourtant que quelques espèces, le port excepté, rappellent, par la disposition des sporothèces, le petit groupe des Scolopendriées. Beaucoup de Diplaziées acquièrent de très-grandes proportions, il en est même quelques-unes qui constituent de petits arbres. Il en existe environ 130 espèces, dont le seul genre *Diplazium* fait plus des cinq sixièmes; il peut s'accroître encore des espèces suivantes :

99. DIPLAZIUM, Sw.

F., *Gen. filic.*, p. 212; Mém. antér., p. 84.

1. Pinnatifidum, F.

Frondibus pinnatifidis, lanceolatis, acuminatis, petiolo squamoso; segmentis oblongis, subpellucidis, obtusis; sporotheciis oblongis, superioribus diplazoideis, inferioribus asplenioideis; sporangiis ovoideis, pedicello longissimo donatis, annulo 20 articulato; sporis rotundis, episporiatis.

Habitat in insula Zeylanica. (Ceylan, Thwaites, n° 3101.)

Filix facie Goniophlebii coriacei, F.

Icon. : *Tab. XXXV, fig. 3.*

Cette espèce est la seule qui ait des frondes pinnatifides; les segments sont de plus en plus profonds, en allant du sommet à la base, où ils sont espacés; les sporothèces naissent à une certaine distance de la côte médiane; les segments frondulaires s'accroissent souvent beaucoup plus les uns que les autres; il en résulte une sorte d'hétérophyllie très-marquée. Nous l'avons vue vivante (1865) à l'exposition horticole d'Amsterdam, étiquetée, *species nova.*

2. Firmum, F.

Frondibus pinnatis, glabris, rachi quadrangulari; frondulis petiolatis, lanceolatis, acutis, caudatis, cauda fertili, marginibus undulato-crenatis, basi oblique rotundatis; nervillis callipteridastrum, fere omnibus fertilibus; sporotheciis decussatis; sporangiis ovoideis, annulo 14-16 articulato; sporis reniformibus.

Habitat in insula Zeylanica. (Thwaites, n° 1349.)

Filix magna, frondulis longissimis, integris, patulis.

Icon.: *Tab. XXXVII, fig. 2, pars magnitudine naturali.*

Le n° 1349 de la collection de M. Thwaites correspond, dans l'index de M. Th. Moore, au *D. sylvaticum*, Sw. Notre plante est absolument différente et porte sans doute par erreur ce numéro, soit dans notre herbier, soit dans l'herbier de M. Moore. Nous ne la possédons pas entière; le pétiole manque. Notre fragment mesure 35 centim. de longueur; les pinnules, 17 centim. sur 17-18 millim. de largeur. Les entre-nœuds sont espacés de 4 centim.

3. Prælongum, F.

Frondibus pinnatis, apice pinnatifidis, flexibilibus, rachi tenui helveolo; frondulis lanceolatis, breve petiolatis, mesonevro rubescente, marginibus primum undulatis, dein crenatis, basi rotundo-subcordatis, apice extenso, dentatis; sporotheciis inæqualibus; sporangiis laxe congestis, tabacinis, auriculæformibus, annulo 16 articulato; sporis reniformibus.

Habitat in insula Mauritiana. (Dedit Th. Moore.)

Filix magna, tenera, frondulis apice curvatis, assurgentibus, inferioribus minoribus.

Icon.: *Tab. XXXVII, fig. 1, pars magnitudine naturali.*

(Dimensions: partie fronduleuse, 45 centim. Frondules 14-16 sur un peu moins de 2 centim. de largeur à la base; entre-nœuds 2.5-3 centim.)

Nous avons reçu cette plante comme provenant de l'île Maurice, sous le nom de *D. sylvaticum*, Sw., auquel elle ne peut être comparée. Cette espèce a quelques rapports avec l'espèce précédente.

4. Pallidum, Blum., *Enum.*, 177, *sub asplenio.* Cette espèce est bien un véritable *diplazium.*

5. Deflexum, J. Sm., *in* Hook. *Journ. bot.*, III, 407, ne saurait être rapporté au *D. tomentosum,* de Blume, étant tout à fait glabre.

XV. MÉNISCIÉES

F., *Gen. filic.,* p. 221.

C'est dans ce petit groupe, réduit à deux genres, que l'on commence à trouver des sporanges portant de longs poils roides sur le sacculus.

XVI. STRUTHIOPTÉRIDÉES, F.

XVII. POLYPODIÉES.

F., *Gen filic.*, p. 229; Mém. antér., p. 6, 57, 85 et 123.

Ce groupe très-considérable renferme, dans une vingtaine de genres, au delà de 400 espèces, toutes herbacées. On les trouve dans presque toutes les régions de la terre. Beaucoup sont rampantes et à rhizome écailleux. Quelques espèces laissent des doutes sur leur détermination. Les particularités organiques que nous pourrions noter ici ont été indiquées dans les mémoires antérieurs auxquels nous renvoyons; ce qui suit peut leur servir de complément.

109. CRYPTOSORUS.

F., *Gen. filic.*, p. 231; Mém. antér., p. 124.

Ce genre, que connaissait M. John Smith sous le nom de *Cystidium,* et qui n'a pas semblé suffisamment distinct du *Polypodium*, pour quelques botanistes, doit s'enrichir d'une espèce nouvelle de l'Inde, le *C. Khasianus*, *Polypodium Khasianum,* Hook.

110. HOLCOSORUS.

Nous ne connaissons ce genre que par la planche 998 des *Icones plantar.* de M. Hooker, qui en avait fait un *polypodium.* Cette fougère est devenue pour M. Th. Moore le type d'un genre nouveau qu'il place dans les Tænitidées; autant qu'il nous est permis d'en juger, elle semblerait mieux placée parmi les Polypodiées.

111. PHEGOPTERIS.

F., *Gen. filic.*, p. 242; Mém. antér., p. 62, 89 et 127.

1. Brevinervis.

Frondibus in ambitu oblongis, bipinnatis, petiolis validis, subtus sulcatis, lævibus, siccitate castaneis, rachibus leviter tomentosis; frondulis alternis, patulis, petiolatis, ovato-lanceolatis, acuminatis, acumine angulari integro; segmentis usque ad mesonevron divisis, crenatis, inferne cuneatis, apice abrupte terminatis; nervillis brevibus, remotis; sporotheciis rotundis; sporangiis ovoideis, annulo 12 articulato; sporis subrotundis.

Habitat in Brasilia. (Claussen, *sine numero.*)

Filix ampla, magna, frondulis discretis, curvatis.

(Dimensions: 1 mètre de longueur totale, dont le pétiole fait les deux cinquièmes; frondules écartées; les intermédiaires 25 centim., sur 8-9 centim. de largeur au centre; segments pinnulaires, 4 centim. sur 11-14 millim. de largeur.)

Grande espèce, à segments arqués, particulièrement au sommet; ses nervilles peu nombreuses, écartées, se terminent assez loin de la marge; elles portent quelques poils courts.

Nous verrions dans cette plante le *Polypodium formosum*, Radd., *Pl. Brasil.*, p. 25, t. XXXVIII, s'il n'était question, dans la description donnée, d'*auriculis inciso-serratis*, dont nous ne voyons pas ici la trace.

2. Mollivillosa, F.

Frondibus subtripinnato-partitis, amplis, petiolo longissimo, robusto, basi incrassato, cum squamis crassis, lanceolatis, opacis; pinnis oblongis, petiolatis, acutis, superne pinnatifidis; frondulis sessilibus, apice coadunatis; segmentis oblongis, curvatis, obtusissimis, sinubus acutis, siccitate viridibus, stipitibus subtomentosis; laminis in utroque pilis sericeis, mollibus vestitis; nervillis tenuibus; sporotheciis medianis, rubescentibus; sporangiis laxe congestis, annulo 12-14 articulato; sporis ovoideis, nigrescentibus.

Polypodium subincisum. Mart., *Fl. Brasil.*, n° 320, *non Willd. Filic.*, p. 202.

Filix magna, pilosa.

(Dimensions: très-grandes, pinnules inférieures 40 centim., frondules 11-13 centim. au centre, sur 3 centim. de largeur; le stipe à la base est gros comme le doigt d'un enfant.)

Cette fougère ne saurait être confondue ni avec la plante de Willdenow que cet auteur déclare à deux reprises être glabre, ni avec celle de M. Martius qu'il dit être arborescente et à peine velue, tandis que la nôtre est herbacée avec des lames couvertes de poils abondants, blancs et soyeux.

Faisons remarquer qu'un grand nombre de *Phegopteris* ont le port des *Aspidium* à frondes pinnées-pinnatifides et pluri-pinnées ; quand l'indusium est caduc, ce qui arrive souvent, rien n'est plus facile que de commettre des erreurs de diagnose et de décrire comme *phegopteris* ce qui est un *aspidium* et *vice versa.*

GONIOPHLEBIUM, Presl.

F., *Gen. filic.*, p. 254; Mém. antér., p. 62 et 92.

1. Coriaceum, F.

Frondibus pinnatifidis, lanceolatis, crassissimis, glabris, opacis, petiolo lævi, cylindrico, rachi valido, apice elongato, crenato; segmentis auriculiformibus, obtusis, integris, sinu angusto, ultimis subrotundis, basi decurrentibus; sporotheciis crassis, centralibus, receptaculo ovali prominente, fusco; sporangiis oblongis, pedicello longissimo, annulo 16 articulato; sporis fuscis, oblongis.

Habitat in insula Borbonica. (Bory.)

Filix lucida, opaca, rhizomate repente, squamoso; squamis angustissimis, elongatis.

Icon.: *Tab. XXXVII, fig. 2.*

Espèce facile à reconnaître à sa consistance ferme, à ses segments très-épais, opaques, qui ne permettent pas de voir la disposition des nervilles, à la présence d'un réceptacle ovoïde, proéminent, noirâtre, etc. Notre spécimen est un peu arqué en son centre.

2. Invertens, F. *Cath. méth. Foug. Mexic.*, p. 25.

Icon.: *Tab. XXXVII, fig. 3.*

Espèce tout à fait curieuse, profondément pinnatifide, à segments distants, translucides, auriculés vers le haut, ce qui semblerait indiquer qu'elle est pendante, tandis, au contraire, qu'elle est dressée et terrestre, avec un rhizome traçant et flexueux. Les nervilles sont noirâtres à la base et conniventes seulement près de la marge. Les sporothèces ovoïdes se composent de sporanges portées sur un réceptacle mince qui se détache en noir sur la lame supérieure. On trouve sur les spores des ponctuations qui les font paraître comme réticulés. Cette plante mesure 75 centim.; les plus grands segments atteignent au centre 12 centim. sur 12-13 millim. de largeur; un intervalle de 2 centim. les sépare du pétiole qui fait la moitié de la largeur totale; il est fort délié.

118. CRASPEDARIA, Link.

F., *Gen. filic.*, p. 263; Mém. antér., p. 15, 64 et 130.

1. Javanica, F., Mém. cit., p. 65.

Frondibus sterilibus ovalibus, obtusissimis, breve petiolatis, remotis, glaberrimis, crassis, opacis; fertilibus conformibus sed apice acuminatis, acumine tantum fructifero; sporotheciis paucis, crassiusculis, apicilaribus; sporangiis amplis, subrotundis, pedicello longo donatis, receptaculo rotundo, leviter gibboso, annulo lato 12 - 14 articulato; sporis ovoideis, fuscis, subreticulatis.

Habitat in Java. (Zœllinger, n° 1086.)

Filix repens, rhizomate squamoso, tenui, longe repente, radicellis brevibus, atris, verticillatis, squamis lanceolatis, ciliatis, cancellatis.

Icon. : *Tab. XXXIX, fig. 1.*

Cette espèce que nous avions indiquée (*l. c.*) et que nous n'avions vue que stérile se trouve ici complétée; elle est fort distincte de ses congénères.

2. Borbonica, F.

Frondibus dissimilaribus, opacis, cartilagineis, glabris, breve petiolatis; sterilibus ovalibus, acutiusculis; fertilibus lanceolatis, obtusis aut raro acutiusculis: sporotheciis crassis, laminam totam invadientibus, rotundis, supra inquinantibus; receptaculo punctiformi; sporangiis magnis, annulo latissimo, 14 - 16 articulato, articulis remotis, spissis; sporis subreniformibus, pellucidis magnis, superficie punctatis.

Habitat in insula Borbonica. (Bory.)

Filix arboricola, longe repens, caulibus crassis, irregulatim ramosis depressisque; squamis niveis, lanceolatis, integris abunde vestitis, ad ramos juniores aureis.

Icon.: *Tab. XXXIX, fig. 2.*

Cette espèce a de l'analogie avec le *C. vaccinifolia*, Lk., fougère américaine, par le port et les tiges, couvertes dans les deux plantes d'écailles qui passent de la couleur roussâtre à la blanche, en vieillissant; du reste, les formes des frondules stériles et fertiles diffèrent suffisamment pour qu'elles soient regardées comme parfaitement distinctes. On peut lui trouver encore des rapports avec le *C. lycopodioides*, F., dont elle diffère par la grosseur des tiges et la brièveté des frondes stériles.

123. DRYNARIA, Bory.

F., *Gen. filic.*, p. 269; Mém. antér., p. 16, 97 et 131.

1. Vestita, F., *Gen. filic.*, p. 171.

Nous avons dit (*l. c.*) que les sporothèces étaient dépourvus d'écailles, mais il en existe. C'est bien un véritable *drynaria* de la section des *Pleopeltis*. Elle est assez voisine du *D. elongata*, F., *l. c.*, plante ayant des frondes dissimilaires, ce qui n'a pas lieu pour notre *D. vestita.*

124. PLEURIDIUM.

F., *Gen. filic.*, p. 273; Mém. antér., p. 98.

1. ANGUSTUM, F., Mém. cit.

Nous donnons ici la figure de cette belle espèce.

ICON.: *Tab. XXXIX, fig. 3.*

XVIII. CYCLODIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 277; Mém. antér., p. 20, 98 et 132.

Le genre *Polystichum* constitue à lui seul la presque totalité des plantes de ce groupe. M. HOOKER, t. III de son *Species*, en a décrit 44 espèces, mais ce nombre est inférieur à la réalité. Elles sont en général d'une détermination difficile. L'*indusium*, étant pelté et fixé en son centre par un petit support très-délié, est facilement caduc, de sorte que, dans les herbiers, la constatation du genre laisse parfois des doutes.

Ces fougères ont une grande tendance à se couvrir d'écailles; presque toutes sont dentées, à dents souvent aristées, et, en outre, fréquemment vivipares; leur *habitat* est fort étendu. L'Europe en possède trois espèces. Le *P. coriaceum* de Swartz, plante à géographie très-étendue, est remarquable par un gros rhizome, introduit autrefois dans les pharmacies sous le nom de *Calaguala*. (Voy. plus haut, p. 5.)

Nous pouvons enrichir ce groupe d'une espèce nouvelle:

138. AMBLYA.

F., *Gen. filic.*, p. 283; Mém. antér., p. 101 et 133.

1. SERRATA, F.

Frondibus pinnatis, oblongis, glabris, petiolo flexuoso, squamoso, squamis rufis; frondulis alternis, ovatis, acutis, argute serratis, basi cuneiformibus, superne auriculatis, terminali pinnatifida; sporotheciis subbiseriatis, parvis, receptaculo punctiformi; sporangiis rotundis; annulo 12 articulato, pedicello longissimo; sporis ovalibus.

Habitat in insula Sanctæ Helenæ.

Filix parva; squamis ad partem superiorem petioli lanceolatis, amplis, ad rachim angustis, subpiliformibus, in utroque rufis.

ICON.: *Tab. XL, fig. 2.*

Cette espèce a des caractères si bien tranchés qu'il serait superflu d'insister davantage. Peut-être le spécimen sur lequel nous établissons notre diagnose ne donne-t-il pas une idée exacte des dimensions.

2. Latifolia, F., Mém. antér., p. 101.

Cette espèce très-distincte et très-robuste, fragile quand elle est à l'état de dessiccation et de couleur plombée, n'avait pas été figurée; nous remplissons cette lacune.

Icon. : *Tab. XL, fig. 1. Fragmentum et pars superior.*

La figure 3 appartient à l'*A. juglandifolia*, Presl. et nous la donnons afin de pouvoir comparer les deux espèces.

XIX. ASPIDIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 291; Mém. antér., p. 133.

Les Aspidiées renferment au delà de 200 espèces de fougères réparties dans 13 genres. M. Th. Moore, dans son *Genera*, comprend ce groupe autrement que nous; il y introduit les Cyclodiées et le genre *Onoclea*. Ces vues différentes, trop fréquentes dans les sciences naturelles, en rendent la marche incertaine et vacillante.

Ces fougères sont très-rarement simples et, en général, fort souples; elles sont éparses sur tout le globe, à l'exception des pôles. L'Europe ne possède que des *aspidium* et des *cystopteris*. Le genre type renferme à lui seul autant d'espèces que tous les autres. Il règne bien des incertitudes sur la détermination de plusieurs d'entre elles; une monographie pourrait les lever; le botaniste qui l'entreprendra fera une œuvre difficile. Le genre *Nephrodium*, généralement adopté par les auteurs, se lie très-étroitement au genre *Aspidium;* il en diffère par des nervilles qui s'unissent, à la base des segments, aux nervilles des segments correspondants; parfois, sans que la soudure soit parfaite, elles sont si rapprochées qu'elles semblent conniventes; ce qui ajoute à la difficulté, c'est la présence d'une petite membranule blanchâtre qui semble les unir. Le port ne fournissant aucun caractère, il en résulte une très-grande similitude et de grandes difficultés de diagnose.

Il est des aspidiées d'une merveilleuse délicatesse de tissu, témoin les espèces du genre *Cystopteris*. Nous ne connaissons que les *Lepidonevron* qui soient arboricoles; toutes vivent sur la terre, dans les lieux humides, particulièrement dans les forêts. Les espèces prolifères sont extrêmement rares, le *Fadyenia* a reçu son nom spécifique de cette particularité, chez lui constante.

Voici quelques espèces à ajouter aux genres *Aspidium, Nephrodium* et *Cardiochlæna.*

ASPIDIUM, Sw.

F., *Gen. filic.*, p. 291; Mém. antér., p. 102 et 133.

* *Espèces pinnées-pinnatifides.*

A. OOCHLAMYS.

1. Kunzei, F.

Frondibus flexibilibus, suboppositis, glabris, helveolis, petiolo et rachi lævibus; frondulis patulis, lanceolatis, acuminatis, sessilibus; segmentis obovatis, obtusis, ultimo inferne auriculato, auricula inferiore dentiformi multo breviore; sporotheciis marginantibus, rufescentibus, indusio ovato, glabro; sporangiis laxe congestis, rotundis, annulo 14 articulato; sporis subreniformibus.

Habitat in Orizaba Mexicanorum. (W. Schaffner, *sine numero.*)

Filix facie phegopteridorum Europœorum.

Icon.: *Tab. XLI, fig. 1.* A. *Planta integra.* B. *Pars inferior.*

(Dimensions: 75-85 centim. de longueur sans le pétiole; les plus grandes frondules 18-20 centim. sur 2 centim. de largeur. Le spécimen figuré a été choisi parmi ceux de petite dimension.)

Cette espèce que nous consacrons au souvenir de feu le professeur Kunze, justement estimé par ses travaux sur les fougères, présente un caractère unique qui pourrait dispenser de toute description. Sur le dernier segment et inférieurement se trouve une petite oreillette, un peu écartée, semblable à l'incision qu'auraient faite des ciseaux pour en détacher une faible partie; cette sorte de dent est légèrement écartée. Nous ne connaissons rien de semblable chez aucune autre espèce.

2. Microthecium, F.

Frondibus oblongis, membranaceis, pinnatis, apice pinnatifidis; frondulis basi oppositis, dein alternis, sessilibus, lanceolatis, caudatis, cauda elongata, dentato-mucronulata; segmentis latis, oblongis, acutis, curvatis, grosse dentatis, in sinu dentem latiusculum rigidum, fuscum ferentibus; nervillis tenuibus, fuscis, apice soriferis; sporotheciis minutis, indusio ovato, parvulo.

Habitat in Luzon Philippinarum. (Cuming, n° 13, herb. F.)

Icon.: *Tab. XLI, fig. 2.* A. *Pars superior.*

(Dimensions: 50 centim. sans le pétiole. Les plus grandes frondules mesurent au delà de 20 centim. sur 3 centim. de largeur; la pointe est très-longue.)

Les auteurs ont confondu cette plante avec l'*A. spectabile* de Blume, et ils regardent comme tels les n°s 13, 14 et 354, édités par M. Cuming; le n° 14 seul lui appartient; notre espèce, le n° 13, a des sporothèces terminaux et des frondules sessiles; dans l'*A. spectabile*, les sporothèces sont dorsaux et les frondules longue-

ment pétiolées; les segments courts et arqués, dans l'*A. microthecium*, sont beaucoup plus longs et à peine arqués dans l'*A. spectabile.* Il existe encore d'autres différences, mais celles-ci sont suffisantes pour les caractériser nettement l'une et l'autre. Nous avons cru devoir la reproduire, tab. XLI, fig. 3 A. *Pars superior* et B. *Frondes novellæ;* teste *Kunzeo.* Cuming, n° 354, herb. F.

3. Producens, F.

Frondibus extensis, lanceolatis, glabris, in acumine longo, pinnatifido terminatis, basi decrescentibus, petiolis helveolis, lævibus; frondulis alternis, membranaceis, translucidis, patulis, leviter curvatis, acutis, linearibus; segmentis oblongis, curvatis, sinubus rotundis; sporotheciis dorsalibus, indusio parvulo ovali; sporangiis laxe congestis, annulo lato, 14 articulato, articulis spissis; sporis atris, reniformibus.

Habitat in imperio Mexicano; ad Tolutlam. (W. Schaffner, n° 220, *partim.*)

Filix extensa; frondulis utrinque decrescentibus, teneris.

(Dimensions: longueur 1 mètre 30 centim., 35-40 frondules; les centrales 11-13 centim.; les inférieures extrêmement réduites dans leurs dimensions et très-espacées; pétiole et rachis très-minces.)

Cette espèce est remarquable par son étroitesse et par sa longueur considérable, qu'atteignent très-peu d'espèces pinnées-pinnatifides. C'est une plante délicate, translucide, flexible; le rachis est très-faible et n'a guère que le diamètre d'une plume de pigeon.

I. Indusium glabre.

4. Dasychlamys, F.

Frondibus oblongis, rachi supra subtomentoso; frondulis alternis, lanceolatis, arcuatis, profunde pinnatifidis; segmentis oblongis, acutis, crenato-undulatis; sinu rotundo, nervillis tenuibus, approximatis, omnibus fructiferis; sporotheciis in medio nervillarum nascentibus, rubricosis, indusio crassissimo, turgido, in medio depresso; sporangiis subrotundis, annulo 14 articulato; sporis parvis ovalibus.

Habitat in insula Borbonica.

Filix siccitate fuscescens, spissa, rigida.

Icon. : *Tab. XLI, fig. 4, pars.*

(Dimensions: 40 centim. sans le pétiole; entre-nœud des frondules 3 centim. sur 10-11 millim. de largeur; 10-12 sporothèces de chaque côté du mésonèvre.)

Les segments sont fructifères dans toute leur étendue. L'indusium qui est épais se déprime sur son point d'attache et ressemble alors, vu à la loupe, à un petit godet.

5 Calcigenum, F.

Frondibus rigidis, subglaucescentibus, elasticis, ellipticis, petiolo rachique tomentosis, pube brevissimo; frondulis alternis, sessilibus, patulis, infimis via brevioribus, truncatis, acutis; laciniis oblongis, fere costam attingentibus, margine undulato; nervillis simplicibus, apice incrassatis, supra crustam tenuem rotundam producentibus; sporotheciis crassis, confluentibus, indusio parvulo, annulo 18 articulato; sporis ovoideis.

Habitat in insula Borbonica.

A. leucosticton, Kze, Linn., Tom. XXIII, p. 301?

Plusieurs fougères présentent ce singulier phénomène d'avoir des nervilles, épaissies au sommet, indiqué sur la lame supérieure par une production blanchâtre parfaitement arrondie, dans laquelle les auteurs ont cru voir des écailles. Cette production épidermoïde est bien plus curieuse, car elle est inorganique. On peut très-facilement la détacher, l'écraser et la délayer dans l'eau. Nous nous sommes assuré qu'elle était formée entièrement de carbonate de chaux et qu'elle faisait effervescence avec les acides. On retrouve cette sécrétion d'une manière générale dans le genre *Chrysopteris*, ainsi que dans plusieurs espèces de *Campyloneuron* et dans quelques *Drynaria*. Quel est l'organe excréteur? Sans doute, le sommet de la nerville, en son point prolifère. Il est curieux de ne la trouver que sur la lame supérieure, laquelle, du reste, remplit surtout les fonctions évaporatoires. Le carbonate de chaux est peu soluble dans l'eau, cependant il faut bien qu'il le soit dans les liquides qui circulent dans la plante. Ils traverseraient l'épiderme et, après leur évaporation, laisseraient le sel dissous en liberté à titre de dépôt. Mais il est difficile de se rendre compte comment il se fait que cette sécrétion est localisée en un point unique et limitée, quant à son étendue, à la dimension du sommet de la nerville, organe sécréteur, sans s'écarter de la forme arrondie, et puis, pourquoi n'exsude-t-elle que d'un seul côté? Cette particularité semble donner une preuve de plus de l'indépendance des deux lames. Ce phénomène, très en dehors des lois ordinaires de la végétation, mérite d'être soigneusement étudié. Sans doute, le carbonate de chaux se trouve exister dans presque toutes les plantes, ainsi que le prouvent les analyses; mais c'est le seul cas qui le montre éliminé par la seule action des forces vitales.

Feu Kunze (*l. c.*) a décrit un *Aspidium leucosticton*, de Bourbon, très-voisin de notre espèce. Il a des frondes glabres, des sporothèces confluents; les segments atteignent presque le mésonèvre. Avant ce botaniste, Willdenow (*Filic.*, p. 242) avait fait connaître, d'après Bory, un *A. albo-punctatum*, et nous possédons, provenant de cet ami, un spécimen authentique de cette espèce qui diffère de la nôtre.

M. Hooker (*Spec. filic.*, IV, p. 84) adopte ce nom spécifique sans citer Willdenow, attribuant la plante à Desvaux qui en aurait fait un *Nephrodium* (*Mém. de la soc. Linn. de Paris*, t. VI, p. 255). Le botaniste anglais croit qu'elle est identique avec le *Lastrea Boutoniana*, figuré tab. 931 de ses *Icones;* mais elle semble absolument différente. On voit qu'il règne bien des doutes sur la détermination précise de cette plante curieuse, ou plutôt de ces plantes, car il existe certainement deux espèces distinctes qui semblent confondues.

6. Frondulosum, F.

Frondibus ovatis, membranaceis; rachi et petiolis frondulosorum rufescentibus; frondulis numerosis, approximatis, subsessilibus, exacte oppositis, lanceolatis, basi paulo minoribus, segmentis oblongis, acutis, marginibus integris, subciliatis; sporotheciis ad partem medianam nervillarum simplicium positis; sporangiis parvulis; annulo 10-12 articulato; sporis ovoideis.

Habitat in insula Borbonica.

Filix magna, flexibilis, siccitate rubescens; apice brevi anguloso, sterili.

(Dimensions: partie fronduleuse 45 centim.; frondules 12 centim. sur 3 centim. de largeur; on en compte 16 environ de la base au sommet qui est pinnatifide, l'intervalle qui sépare les entre-nœuds est de 2.5 centim.)

Très-belle espèce, à segments oblongs, obtus, atteignant presque le mésonèvre; ils sont tellement rapprochés qu'ils s'imbriquent légèrement par l'extrémité des segments. L'indusium, glabre à l'œil nu, est entouré de poils de nature glanduleuse, courtement pédicellés. Il est du reste assez difficile de voir cet indusium, très-caduc de sa nature.

II. Indusium velu.

7. Puberulum, F.

Frondibus oblongis, petiolo helveolo, basi glabro, rachique superne pilosis; pilis candidis, mollibus; frondulis alternis, sessilibus, subdecussatis, approximatis, lanceolatis, supra glabris, subtus pilosulis, profunde pinnatifidis, leviter arcuatis, apice serratis; segmentis oblongis, ciliatis, nervillis simplicibus, scalpturatis; sporotheciis dorsalibus, indusio cordiformi, tenui, persistente; sporangiis laxe congestis, annulo 18 articulato; sporis subreniformibus.

Habitat in regno Mexicano circa Huatusco. (W. Schaffner, n° 247 *in parte.*)

Filix siccitate flavidula, multifrondulosa; petiolo bisulcato, lævi, basi rufescente.

(Dimensions: longueur totale 85 centim. dont le pétiole fait la moitié; frondules centrales 13-14 centim. sur 13-15 millim. de largeur; elles sont au nombre de 20 paires très-rapprochées les unes des autres.)

Cette espèce rappelle un peu par le port notre *A. Filix-mas*, avec plus de délicatesse et de transparence; les frondules inférieures sont étalées, celles du haut dressées; les dernières, dentées en scie, ne portent point de sporothèces; le tissu de l'indusium est à mailles flexueuses et très-délicates. Les segments sont libres dans les trois quarts de leur étendue; il en existe au delà de 36 sur chaque frondule, les marges sont entières.

*** Espèces pluripennées.*

8. Jucundum, F.

Frondibus ovatis, dilatatis, tri-quadripinnatis, glaberrimis; petiolis helveolis, lævibus; unisulcatis; partitionibus primariis curvatis, alternis, longe acuminatis, petiolatis; segmentis ultimis pinnatifidis, laciniis curvatis, aristatis; sporotheciis magnis, subapicilaribus, brunneis, indusio reniformi, crasso, persistente, turgido; sporangiis rotundis, annulo 18 articulato; sporis papillosis.

Habitat in regno Mexicano. (Galeotti, n° 6563. Cuba, Linden n° 2115.)

A formosum, F., *Gen. filic.*, p. 296, *partim*.

Filix dilatata, decomposita, ambitu ovata, facie polystichi, rachi primario flexuoso; petiolo longissimo.

Tab.: XLII, fig. 1. fragm.

(Dimensions: 70 centim. de longueur totale dont le pétiole fait plus de la moitié; les deux partitions inférieures mesurent 21 centim.; les supérieures assez distantes se dégradent successivement en longueur; toutes sont courbées en dedans.)

Cette belle espèce est presque multifide, flexible, glabre, presque aussi large que haute; la fronde ressemble à certaines feuilles surdécomposées d'ombellifères; les sporothèces sont très-gros, couleur de kermès; l'indusium est épais; vu au microscope, il se compose d'un tissu à mailles épaisses et ondulées; l'étude microscopique de ce tégument pourrait fournir quelques bons caractères pour les espèces critiques.

L'*A. jucundum* a des rapports avec l'*A. formosum* F.; aussi avions-nous rattaché à cette espèce les spécimens 6473 récolté au Mexique par M. Galeotti et le n° 2115, récolté au Cuba par M. Linden. C'était à tort, et les différences qui les séparent sont assez notables. Les caractères microscopiques tirés des sporothèces et de l'indusium les montrent aussi fort différents. Les derniers segments, aristés dans l'*A. jucundum*, sont absolument mutiques dans l'*A. formosum*.

NB. L'*A. obtusilobum*, F., Mém. antér., p. 105. W. Schaffner, n° 213, a les dernières paires des frondules réfléchies et le tissu des lames ponctué par transparence.

L'*A. patens* de Raddi n'est pas celui de Swartz; ce sont deux espèces distinctes.

L'*A. Sprengelii*, Klfss. *Enum.*, p. 239. Tel que je l'ai reçu de la Guadeloupe provenant du Docteur L'herminier, il a des frondes fasciculées sur une souche assez considérable; les pétioles sont robustes, écailleux à la base; il s'élève à près d'un mètre et se prolonge en une très-longue pointe; les frondules sont opposées, très-étalées, la dernière paire est réfléchie.

A. expansum, F., *Gen. filic.*, p. 294. Comme il existe déjà un *A. expansum*, Mart., nous changeons ce nom spécifique en celui d'*extensum;* cette fougère est distincte de l'*A. melanostictum*, Kze, Linn., XIII, p. 148, contrairement à ce que nous avons écrit. (*Catalog. méth. foug. Mexic.*, p. 30.)

140. NEPHRODIUM, Rich.

F., *Gen. filic.*, p. 304. et Mém. antér., p. 108.

1. Auriculatum, F.

Frondibus pinnatis, lanceolatis, rachi trisulcato, tomentoso; frondulis petiolatis, patulis, alternis, anguste lanceolatis, acuminatis, obtusis, apice integris, basi truncatis, sursum auriculatis, acuminatis, crenatis, dentatis, nervillis tenuibus, monoarcuatis; sporotheciis dorsalibus, indusio glabro; sporangiis subrotundis, annulo 14-16 articulato; sporis globosis.

Habitat in insula Borbonica. (Bory.)

Filix elata, pinnata, apice pinnatifida, multifrondulosa, siccitate rufescens; frondulis inferioribus minoribus.

Tab. XLII, fig. 2.

(Dimensions: partie fronduleuse près de 50 centim.; pinnules 6 centim. sur 9 millim. de largeur.)

Fougère élégante, dont les frondules sont portées sur un pétiole d'un millimètre de longueur; elles sont auriculées, crénelées d'abord, puis dentées, pour laisser la marge entière vers la pointe. Le haut de la fronde se termine brusquement.

2. Zeylanicum, F.

Frondibus pinnatis, teneris, pellucidis, glaberrimis; frondulis lanceolatis, in cauda longa extensis, crenatis, sessilibus, basi inæqualiter rotundatis; nervillis paucis, tenuibus, leviter flexuosis; frondula terminali maxima, subpinnatifida, segmentis oblongis, curvatis; sporotheciis dorsalibus, indusio glabro; sporangiis rotundatis, annulo 14-16 articulato; sporis oblongis.

Habitat in insula Zeylanica. (Thwaites, n° 3391.)

Filix tenera, flexibilis, pauci-frondulosa, basi paululum decrescente.

(Dimensions: de la partie fronduleuse 36 centim., huit paires de frondules sessiles, dressées, longues de 10 sur 11-12 centim. au centre; elles sont séparées les unes des autres par un intervalle d'environ 3 centim. La frondule terminale mesure 14 centim. sur 2 centim. à la base.)

On reconnaîtra facilement cette espèce à sa frondule terminale, beaucoup plus grande que les latérales, celles-ci étant longuement coudées. C'est l'une des plus souples et des plus délicates du genre.

3. Malabariense, F.

Frondibus lanceolatis, elongatis, pinnato-pinnatifidis, rachi canescente, in cauda longa, pinnatifida terminatis; frondulis sessilibus, anguste linearibus, caudatis, crassiusculis, ultimis oppositis, dein alternis, remotis, patulis, parce pilosis; sporotheciis dorsalibus, crassiusculis, approximatis, indusio cordato, glabrescente, persistente; sporangiis subrotundis, annulo 14 articulato; sporis ovalibus episporiatis.

Habitat in regione tropicali Malabariensi (Hook, f. et Thompson), *sub nomine Nephrodii mollis.*

Filix elata, rigida multifrondulosa, stipite cinerascente.

(Dimensions: partie fronduleuse seule 65 centim.; les plus grandes frondules 12 centim. sur 12 millim. de largeur. Il existe 15-17 paires de frondules; celles du bas, séparées par un intervalle de 5 centim.)

Cette espèce ne saurait être confondue avec le *Nephrodium molle* de Presl. Elle est plus élancée, plus raide, beaucoup moins velue, avec un indusium presque glabre. La pointe, très-allongée, est fructifère jusqu'au sommet; il en est de même des frondules, terminées un peu brusquement en coin; à la base, les segments, oblongs, n'atteignent pas la moitié du segment, celui-ci porte de 5-7 sporothèces rufescents.

4. Inquinans.

Frondibus oblongis, frondulosis, flexibilibus, rachi tenui piloso, helveolo; frondulis lanceolatis, longe acuminatis, sessilibus membranaceis, truncatis, pellucidis, siccitate viridibus; nervillis simplicibus, scalpturatis, basi biareolatis; segmentis usque ad mediam partem latitudinis laminæ extensis; subtus inquinantibus; sporangiis auratis, remotis, indusio vix puberulo, persistente; sporangiis ovalibus. annulo 14 articulato; sporis reniformibus.

Habitat in insula Borbonica. (De Hell.)

Filix elegans, frondulosa, membranacea, glabrescens; segmentis leviter ciliatis.

Icon.: *Tab. XLIV, fig. 1.*

(Dimensions: partie fronduleuse 50 centim., 14 paires de frondules dont les plus grandes mesurent 18 centim. sur 3 centim. au centre; entre-nœuds 3 centim.)

Tab.

Très-belle espèce, très-souple et transparente. Le mésonèvre des frondules est étroitement canaliculé et pointu, ainsi que le mésonèvre des segments, qui se termine en pointe déliée; les sporothèces forment des séries de 5-6 sporothèces, qui ne se développent que sur les deux tiers environ des frondules, celles-ci étant très-larges, ne laissent entre elles qu'un faible intervalle.

5. Excisum, F.

Frondibus ambitu lanceolatis, cauda longissima terminatis, pilosis, petiolo rachique pilis brevissimis, reversis ferentibus; frondulis alternis, ad basim minoribus, lanceolatis, acuminatis, acumine integro, sterili, basi inæqualiter cuneatis; segmentis oblongis, brevibus, arcuatis, obtusiusculis, inter se membranula rufa, extensa coalitis; nervillis curvatis, ultimis biareolatis; sporangiis rufis, indusio glabrescente; sporangiis et sporis ut supra.

Habitat in insula Zeylanica. (Thwaites nº 1359.)

Filix extensa, frondulis inferioribus patulis, superioribus assurgentibus, pilis brevibus reversis notata.

Tab. XLIV, fig. 2. fragment.

(Dimensions: longueur totale 1 mètre au moins; la partie fronduleuse mesure près de 75 centim., les frondules de la base 14 centim. sur 15-18 millim. de largeur.)

Cette espèce, très-élancée et relativement étroite, a des segments rapprochés courbes, oblongs. Pour trouver la justification du nom d'*excisum*, il faut la voir dans son ensemble; elle n'est fructifiée que dans la moitié inférieure des frondules, plus on approche du sommet et plus les frondules sont dressées.

6. Schaffneri, F., *Cat. méth. foug. Mexic.*, p. 31.

Icon.: *Tab. XLIII.*

Cette belle espèce est à peine pinnatifide, très-glabre, à frondules écartées, courtement pétiolées, conservant une belle couleur verte par la dessiccation et comme papyracée; les nervilles médianes des segments sont blanchâtres, ainsi que le mésonèvre de la frondule, qui est étroitement canaliculé; les frondules fructifères sont plus étroites que les stériles; le tissu des lames est tiqueté de petits points incolores. Elle est fort étalée, munie d'un long pétiole, irrégulièrement quadrangulaire, ainsi que le rachis. Les frondules terminales stériles peuvent atteindre jusqu'à 30 centim. de longueur sur 6 de largeur. L'indusium est petit, glabre, mince et en fer à cheval. Cette espèce splendide a été trouvée au Mirador, par M. W. Schaffner, qui nous l'a envoyée sous le nº 244.

NB. Nous aurions à faire un long travail si nous voulions étendre nos observations sur toutes les espèces d'*Aspidium* et de *Nephrodium*, dont la synonymie laisse

des doutes; nous ne les donnerons pas maintenant. Les *Nephrodium molle, violascens, nymphale,* sont mal connus, les caractères spécifiques invoqués n'ayant rien de tranché. Parmi les espèces exotiques il en est qui ont été distribuées sous un même numéro et qui diffèrent.

Nous avons établi comme espèce distincte un *N. dicarpum* (*Gen. filic.*, p. 305), ainsi qualifié parce que les segments des spécimens que nous avions observés ne portaient que deux sporothèces; nous en avons vu d'autres qui en sont chargés dans toute l'étendue du segment. Ce nom, qui implique une erreur, devrait être changé et nous proposons celui de *N. decipiens.*

146. CARDIOCHLÆNA.

F., *Gen. filic.*, p. 314.

Ce genre renferme des espèces à frondes très-amples, diversement lobées, les unes asiatiques, les autres américaines. Toutes sont glabres, à l'exception d'une espèce peu différente de ses congénères par son facies, mais dont le rachis et les lames, particulièrement l'inférieure, sont velus, à poils très-courts et rubanés, avec des étranglements d'espace en espace.

Cette espèce, récoltée en 1843 au Brésil, dans les environs de Rio-Janeiro, par M. Weddell, et distribuée sous le nº 656, pourrait recevoir le nom de *pilosa;* il rendrait compte du caractère qui la distingue, si toutefois il paraissait suffisant. Nous en donnons un fragment, tab. XL, fig. 4.

XX. NÉPHROLÉPIDÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 318; Mém. antér., p. 134.

Ce groupe, peu nombreux, se compose de cinq genres seulement, très-bien caractérisés par le port, qui les sépare nettement des Aspidiées. Le caractère qui lui est propre consiste dans l'indusium. Ce tégument protecteur, au lieu d'être fixé au centre, est largement attaché par la base. Il suit de là qu'il ne se détache jamais; les sporanges, en se développant, se bornent à le soulever d'avant en arrière. L'indusium des Aspidiées n'adhère à la lame que par un petit pédicelle, comme dans les *Polystichum*, avec cette différence qu'il n'est pas pelté. L'effort que déterminent les sporanges en s'accroissant le soulève dans tout son pourtour et il tombe. Cette circonstance ajoute singulièrement aux difficultés de la diagnose de ces plantes, souvent très-voisines les unes des autres par le port. Les botanistes, ne s'étant pas préoccupés de cette organisation, réunissent les Néphrolépidées aux Aspidiées.

Le genre *Nephrolepis*, type du groupe, renferme des plantes arboricoles, étroites, multifrondulées, pectinées, pendantes; l'une d'elles est tubérifère (voy. *Genera*, t. XXV, fig. A). Cette circonstance est très-rare, sinon unique parmi les fougères.

XXI. DAVALLIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 323.

Une dizaine de genres, dont les espèces ont en général une grande élégance, constitue ce groupe, qui rappelle, par le facies, certaines fougères des genres *Asplenium* et *Athyrium*. Mais la forme de l'indusium, qui est tout à fait caractéristique, ne permet pas de les confondre. Nous avions cru devoir réformer le genre *Davallia*, qui est dans ce groupe ce que les genres *Cheilanthes*, *Polypodium* et *Aspidium* sont dans les groupes qui portent leur nom. Les genres *Odontosoria*, *Scyphularia*, *Stenoloma* et *Lindsaynium* avaient été proposés, et deux d'entre eux seulement ont été conservés à titre de sous-genre; nous persistons à les croire nécessaires. Presque toutes ces fougères sont terrestres; quelques-unes grimpantes, tomenteuses, parfois épineuses, très-divisées, presque jamais villeuses ou écailleuses. Nous décrirons ici une espèce naine d'*Odontosoria*.

155. ODONTOSORIA.

F., *Gen. filic.*, p. 325.

1. Parvula, F.

Frondibus pinnatis, linearibus, stipite rachique filiformibus, frondulis alternis, petiolulatis, dimidiatis obovatis, bi-tricrenatis, nervillis paucis, aliquando exsertis et dentiformibus, marginem non attingentibus; sporotheciis apicilaribus, uno aut rarius duobus.

Habitat in insula Zeylanica (Hartweg, n° 1282.)

Filix parvula, terricola, surculo fibrilloso.

Icon.: *Tab. XXXVI, fig. 2, magnitudine naturali.*

Les frondules portent trois à quatre nervilles; elles sont inégales et amincies en coin.

XXII. DICKSONIÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 334; Mém. antér., p. 66 et 135.

Un nouveau groupe, celui des Péranémées, a reçu plusieurs des genres que nous avions placés dans les Dicksoniées. Cette disjonction n'a aucun inconvénient réel.

Les Dicksoniées sont des fougères à physionomie très-diverse : les *Dicksonia* et les *Sphæropteris* ont le port des *Athyrium* et des grandes espèces de *Phegopteris;* le *Leptopleuria* celui des *Nephrolepis;* elles sont très-rarement arboricoles; on en cultive dans les jardins plusieurs belles espèces. Ce groupe ne renferme guère qu'une soixantaine d'espèces, parmi lesquelles nous pouvons indiquer celle qui suit comme nouvelle dans un genre curieux.

CULCITA.

F., *Gen. filic.*, p. 340.

1. Schlimensis, F.

Frondibus quadripinnatis, passim lanatis, lana longa flavescente; partitionibus primariis et secundariis triangularibus, tertiariis lanceolatis, omnibus acutis; sporotheciis magnis, bivalvibus; valvis æqualibus; sporangiis maximis, pyriformibus, pilis vittatis, immixtis, annulo latissimo; sporis subtrigonis, granulis rotundis repletis.

Habitat in Novo Granatensi, Ocaña. (L. Schlim, n° 322.)

Icon.: *Tab. XXXVI, fig. 3; fragm., magnitudine naturali.*

Nous ne possédons que des fragments de cette plante; les dernières partitions sont pinnatifides, et terminées en pointe. Les segments ont une consistance coriace; les sporothèces sont très-gros, les inférieurs présentent latéralement un appendice qui s'élève au-dessus d'eux, en manière de petite corne. Les sporanges sont des plus gros que l'on connaisse et portent un anneau fort large; les spores lisses sont obscurément trigones et gonflées par des granules nombreux, très-apparents.

Cette plante appartient au groupe des Balantiées, qui peut être regardé comme une subdivision des Dicksoniées.

II. ANNEAU DES SPORANGES EXCENTRIQUE: *HELICOGYRATÆ.*

XXIII. ALSOPHILÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 345; Mém. antér., p. 109.

Ces fougères font, avec les Cyathées, l'ornement des tropiques. L'anneau des sporanges a, dans plusieurs espèces, une excentricité fort douteuse. Le type de ce groupe, genre *Alsophila*, renferme quelques plantes critiques dont la synonymie est difficile à débrouiller. En général, elles sont trop grandes pour être admises

en entier dans les herbiers, et le stipe, qui manque d'ordinaire, ne peut servir pour les déterminations.

Ce groupe, à sporothèces nus, est uni aux Cyathées par le genre *Hemithelia*, véritable type de transition. Les Alsophilées renferment au delà de cent espèces.

XXIV. CYATHÉES.

F., *Gen. filic.*, p. 351.; Mém. antér., p. 111.

Les Cyathées ont le port des Alsophilées, avec des sporothèces indusiés; elles sont bien moins nombreuses. L'anneau est décidément oblique, sauf cette particularité elles seraient, les unes et les autres, pour la plupart de véritables *Phegopteris*.

Le petit groupe des *Thyrsoptéridées*, qui ne renferme qu'un seul genre, et ce genre une seule espèce, ne donne lieu à aucune remarque particulière.

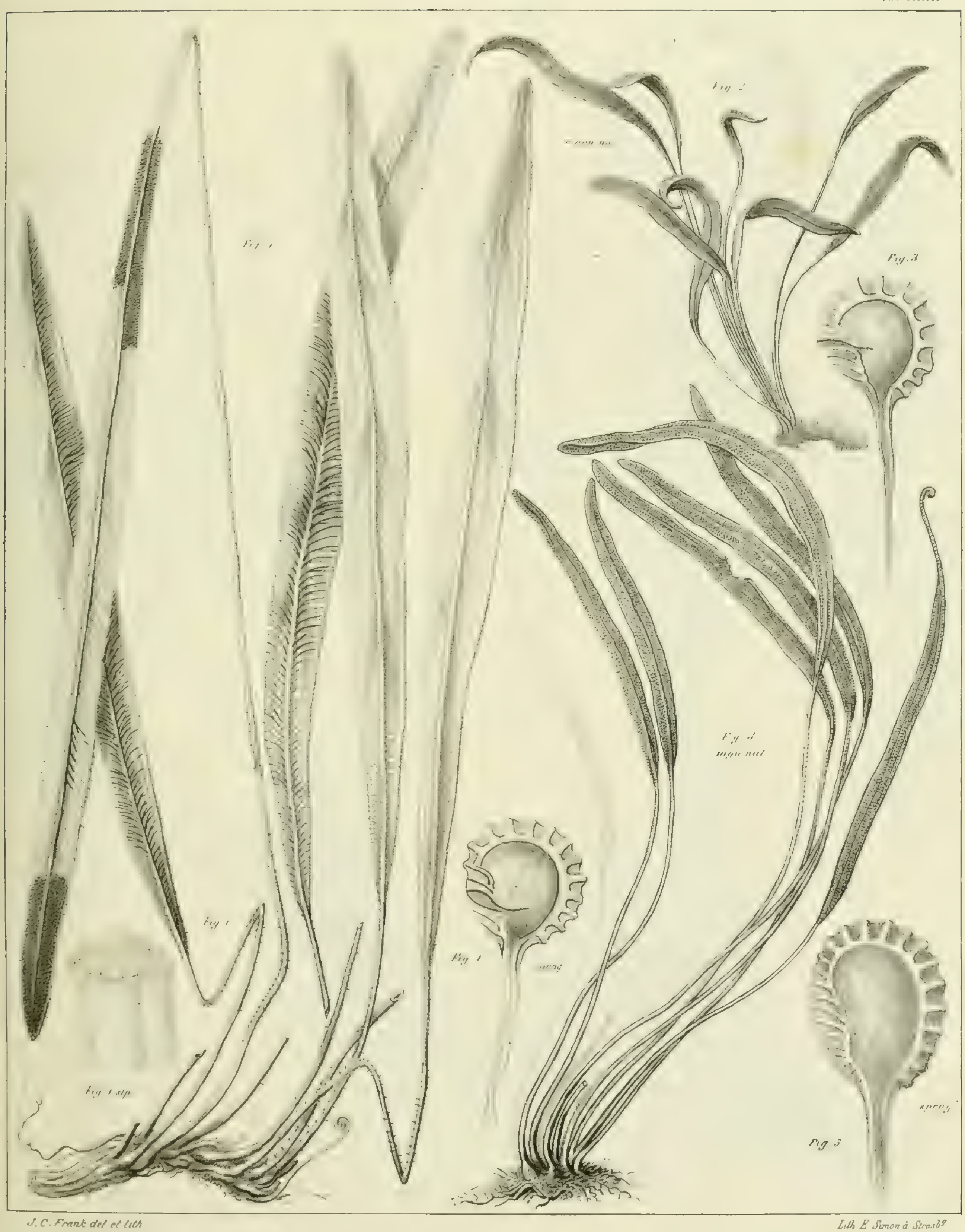
Nous nous proposons, si rien ne s'y oppose, de faire dans un prochain mémoire, la révision des autres familles de la grande classe des fougères, dont nous avons seulement jusqu'ici étudié les Polypodiacées, à la vérité la plus considérable de toutes.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

NB. Les espèces nouvelles sont indiquées par une †, les espèces figurées portent un * à la suite de leur nom.



Fig. 1 Acrostichum *glaucum, F* | Fig. 2. Acrostichum *aphlebium, Kze.*
Fig. 3. Acrostichum *squarrosum, Klotz.*



J. C. Frank del et lith

Lith. E. Simon à Strasbg

Fig. 1. **Acrostichum** *Huacsaro, Ruiz.* *Fig. 2.* **Acrostichum** *tenuiculum, F.*
Fig. 3. **Acrostichum** *angustissimum, F.*



J. F. Frank del. et lith.

Lith. F. Simon à Strasb.

Fig. 1 Acrostichum gratum. F. | Fig. 2. Acrostichum Roëzlii F. et Schaff.



J. C. Frank del. et lith.

Fig. 1 Leptochilus Zeylanicus, F. | Fig. 3. Vittaria latipes, F.

Fig. 2. ——— minutulus F. | Fig. 4. ——— hirta, F.

FILICES NOVÆ.

Tab. XXXII

Fig. 1. Adiantum *confine*, *F.*
Fig. 2. Pteris *Mysorensis*, *F.*

Fig. 3. Pteris *Cretica*. Fragm. ad comparandum
Fig. 4. *punctata* *F.*



Fig. 1. Adiantum confine, F.
Fig. 2. Pteris Mysorensis, F.
Fig. 3. Pteris [illegible]
Fig. 4. [illegible] punctata F.



Fig. 1. Pteris *rostrata, F.*
Fig. 2. Pteris *Philippinensis, F.* | *Fig. 3.* Pteris *oppositipinnata, F.*



Fig. 1 Plecosorus leptocladon. F | Fig. 2 Nothochlaena pruinosa. F



Fig. 1. **Asplenium** *Dufourii, F.* | *Fig. 2.* **Asplenium** *debile, F.*
Fig. 3. **Diplazium** *pinnatifidum, F.*

FILICES NOVÆ.

Tab. XXXVI.



Fig. 1. **Asplenium** *notabile, F.* | *Fig. 2.* **Odontosoria** *parvula, F.*

Fig. 3. **Culcita** *Schlimensis, F.*

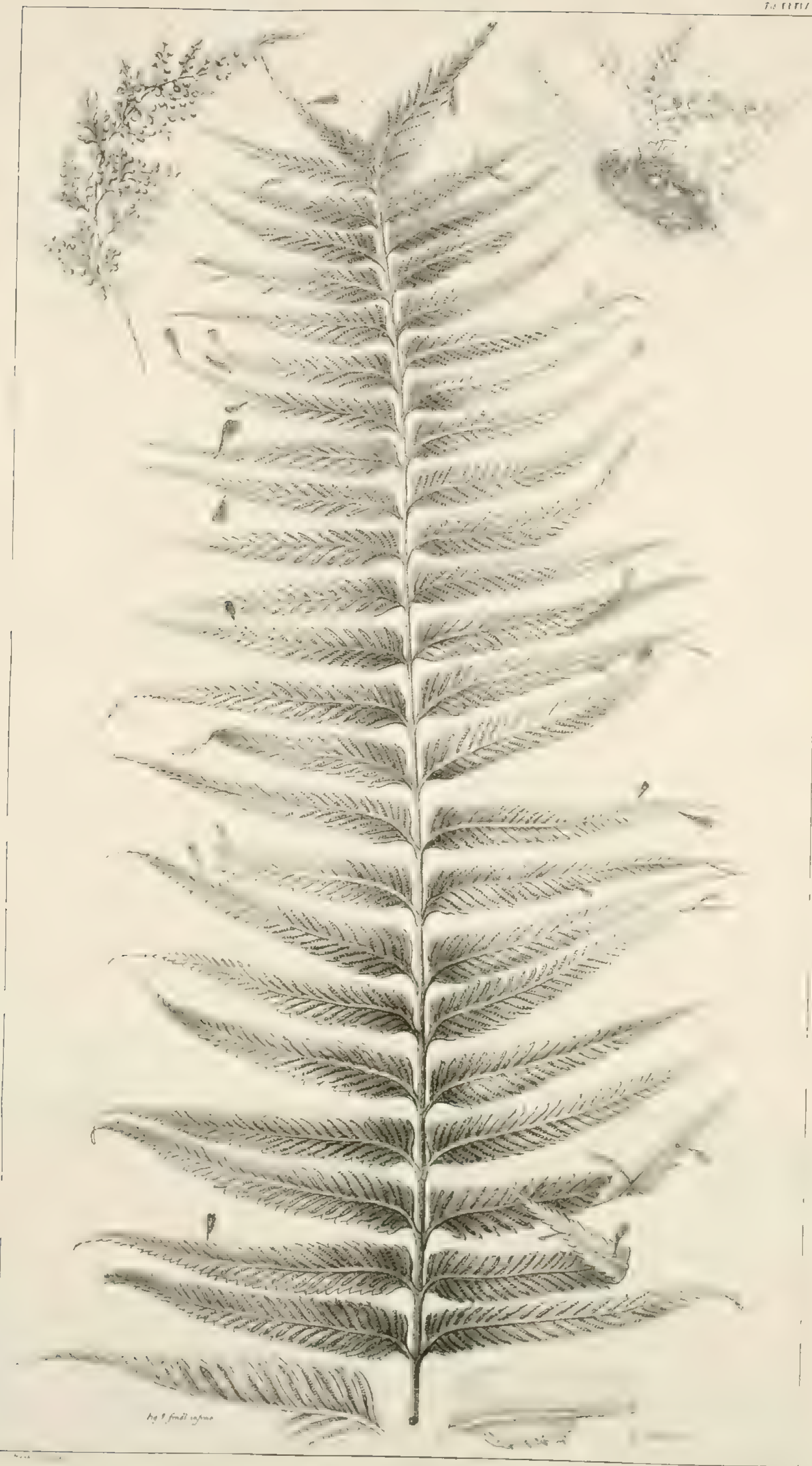


Fig 1 **Asplenium** *notabile*, F || Fig 2 **Odontosoria** *parvula*, F

Fig 3 **Culcita** *Schlimensis*, F



J. C. Frank del et lith.

Lith. E. Simon à Strasb.

Fig. 1. **Diplazium** *prælongum. F.* | *Fig. 2.* **Goniophlebium** *coriaceum, F.*
Fig. 3. **Goniophlebium** *invertens. F.*



J. C. Frank del. et lith.

Fig. 1. Asplenium *semidentatum F.* | *Fig. 2.* Diplazium *firmum F.* (in textu ab errore Tab. XXXVII.)



Fig. 1. **Craspedaria** *Javanica, F.* | *Fig. 2.* **Craspedaria** *Borbonica, F.*
Fig. 3. **Pleuridium** *angustum, F.*



J. C. Frank del. et lith.

Fig. 1. **Amblya**, *latifolia*, F. | Fig. 2. **Amblya** *serrata*, F.

Fig. 3. [illegible] Presl Fragm. ad comparandum | Fig. 4. **Cardiochlæna** *villosa*, F.



Fig. 1. Aspidium Kunzei. F. | Fig. 2. Aspidium microthecium. F.
Fig. 3. ——— spectabile. Blum. | Fig. 4. ——— dasychlamys. F.



Fig. 1. Aspidium *jucundum, F.* *Fig. 2.* Nephrodium *auriculatum, F.*



Nephrodium *Schaffneri, F. (Status varii.)*



Fig. 1. **Nephrodium** *inquinans, F.* | *Fig. 2.* **Nephrodium** *excisum, F.*

MÉMOIRE

SUR LA FORMATION DE LA GLACE AU FOND DE L'EAU

(*GRUNDEIS* DES ALLEMANDS)

PAR M. FRÉD. ENGELHARDT,

DOCTEUR ÈS SCIENCES, DIRECTEUR DE L'USINE DE NIEDERBRONN (BAS-RHIN).

Il existe un grand nombre de phénomènes naturels qui sont mieux connus du peuple que des savants. La raison en est simple. L'homme du peuple, toujours en quête des moyens d'améliorer son existence, observe un phénomène non pour en approfondir la cause, mais pour en tirer une utilité quelconque.

Le savant, au contraire, s'isolant de la nature dans les méditations du cabinet, ne recourt d'ordinaire aux expériences pratiques que lorsqu'il y est amené par les spéculations de la théorie, et nie bien souvent les faits qui ne cadrent pas avec ses idées préconçues.

C'est ainsi qu'il est arrivé que plusieurs physiciens, NOLLET, MAIRAN et autres qui les ont suivis, ont nié un phénomène bien connu de tous les bateliers et des habitants des grands fleuves du centre et du nord de l'Europe : j'entends parler des glaces qui, par les grands froids, se forment au fond des fleuves et que les Allemands appellent *Grundeis*, glace du fond.

Le Rhin et le Danube, fleuves à courant rapide, ne gèlent pas comme la Seine, en se couvrant d'une glace uniforme et plane; ils charrient de forts glaçons de 3 à 4 mètres de long sur 2 à 3 mètres de large, qui viennent se croiser, se heurter, s'amonceler, et enfin, barricader le fleuve. Quand le Rhin est pris, c'est un spectacle

grandiose de voir ces innombrables glaçons, se dressant les uns contre les autres, soudés ensemble par la congélation, et faisant croire à quelque grand éboulement de montagne qui couvre au loin les plaines de rochers de toute dimension.

Cette accumulation de glaçons dans le Rhin n'offre pas par elle-même de dangers, mais c'est, au contraire, la débâcle qui a souvent de terribles conséquences.

Lorsque cette débâcle commence dans la partie supérieure du fleuve, en amont de l'endroit où le fleuve est complétement gelé, les glaçons entraînés à la dérive ne peuvent pas passer et viennent se jeter sur ceux qui sont soudés ensemble et forment ainsi un énorme barrage que les eaux arrêtées dans leurs cours rapides ne peuvent pas franchir; ces eaux débordent alors à droite et à gauche, rompent les digues, inondent les plaines et portent au loin la dévastation et la misère.

Les désastres causés par les débâcles du Rhin ont appris aux habitants riverains à observer scrupuleusement les faits qui leur servent de pronostic et doivent les mettre en garde contre les débordements des glaces. C'est ainsi qu'ils sont venus à observer le *Grundeis,* c'est-à-dire la glace qui se forme au fond des rivières, car c'est cette glace qui, en se détachant du fond et s'élevant vers la surface, vient s'attacher au-dessous des autres glaçons déjà formés et leur donne une surépaisseur qui, en rendant la débâcle plus difficile, expose le pays aux inondations.

Chargé de la direction de grandes usines, il m'importait d'observer avec soin les phénomènes journaliers qui peuvent avoir de l'influence sur nos travaux, et c'est en les suivant avec une grande attention, que je crois avoir trouvé la véritable cause de la présence de la glace au fond des rivières (*Grundeis*).

Voici d'abord l'historique de ce phénomène que nous trouvons relaté par Horner, dans le *Dictionnaire physique de* Gehlen, III, 127; par Arago (*Annuaire du Bureau des longitudes pour 1833*), et par L. F. Kæmtz (*Dictionnaire encyclopédique des sciences et arts*, publié par Ersch et Gruber).

Le physicien Plot paraît avoir été le premier qui ait fait mention de la glace formée au fond des fleuves, dans son *Histoire naturelle de l'Oxfordshire*, 1705.

Hales, dans sa *Statistique végétale*, Londres, 1731, mentionne la constatation de la glace au fond de l'eau, faite par les mariniers, et relate ses propres observations. Il vit la glace spongieuse se former au fond de la rivière, et remarqua « que les eaux doivent être en mouvement pour se mettre à zéro dans toute la masse, et il signala l'influence des aspérités et des corps proéminents sur la formation de cette glace. »

Nollet, en 1743, crut ce phénomène incompatible avec la théorie et le nia complétement. Mairan et plusieurs autres physiciens de l'époque partagèrent son opinion.

Toutefois déjà dans les mémoires de l'Académie de 1776 et le *Journal de physique de 1783*, tome III[e], DESMAREST constata de nouveau la formation de la glace au fond des rivières; elle fut indiquée depuis par BRAUN, *Hanövrisches Magazin*, 1783, et *Journal de physique*, 1788, II, 59; par LESLIE et par GARNET.

En 1806, KNIGHT fit des observations sur la Teine.

STENCKE, chef des pilotes du port de *Pillau* (Prusse, sur la Baltique), rapporte dans les *Annales de physique de* GILBERT, XX, 332, que, le 9 février 1806, à une température de — 32 ½° Fahrenheit = — 35,11 centigr. des chaînes de 12 pieds de long, entourées de glace, furent amenées à la surface de l'eau, d'une profondeur de 12 à 15 pieds, de même qu'un grand câble de 30 toises de long, immergé depuis longtemps.

Le 11 février 1816, l'abbé BRANTHOME, alors professeur de chimie à la faculté des sciences de Strasbourg, constata de nouveau la formation de la glace au fond du lit du Rhin, en présence de MM. les ingénieurs des ponts et chaussées. La température de l'air était à 12°; à la place où se formait la glace, le Rhin avait environ 2 mètres de profondeur. On y voyait bien sensiblement la glace se former au fond de l'eau, non-seulement à cet endroit, mais dans beaucoup d'autres. Le thermomètre était à zéro à la surface de l'eau. Un autre thermomètre, introduit dans la glace, était également à zéro.

La glace retirée de l'eau avait la même température, elle était très-spongieuse et formée d'aiguilles entrelacées. Vers dix heures, la glace, devenue plus compacte, se détachait du fond et venait nager à la surface. (*Bibliothèque universelle*, tome XVII, p. 304.)

En 1823, MÉRIAN observa à *Bâle* la glace au fond de l'eau du canal de Saint-Alban.

En 1827, HUGI fit un grand nombre d'observations sur la glace spongieuse formée au fond de l'Aar près du pont de *Soleure*.

L'hiver très-froid de 1829 donna lieu à mes premières observations que je fis à *Zinsweiler* (Bas-Rhin). J'en donnai connaissance, le même hiver, à la Société d'histoire naturelle de *Strasbourg*, qui venait d'être fondée[1].

M. FARGEAUD, professeur de physique, publia, en 1830, sa thèse sur le calorique, dans laquelle il consigna ses observations sur la glace au fond de l'eau. Il s'exprime ainsi :

« Le dimanche 25 janvier 1830, je me trouvai avec plusieurs de mes élèves au

1. Cette société fut fondée en décembre 1828 par plusieurs membres de la Société des sciences, agriculture et arts du Bas-Rhin. Voici par ordre alphabétique les noms des membres fondateurs : MM. Bœckel (Théodore), Duvernoy, Ehrmann, Engelhardt, Fargeaud, Lauth (Alexandre), Nestler (Chrétien), Silbermann et Voltz.

« bord du Rhin, vis-à-vis de Kehl. Un thermomètre, suspendu à un arbre, marquait « 11° Réaumur, tandis qu'un autre thermomètre, placé dans la neige à un pouce « du sol, se tenait à peu près à 6° Réaumur; malgré ce grand froid, l'eau qui cou- « lait dans le fossé de la citadelle était seulement gelée sur les bords. La partie du « lit du Rhin, qui par les dispositions de bancs de sable formait du côté de la « *France* une sorte de lit *sous courant* et abrité des vents froids, était aussi dépour- « vue de glaces ou du moins n'en offrait que sur les bords.

« Le thermomètre couché à la surface de l'eau montait rapidement à zéro, et en « l'enfonçant dans le même endroit d'un ou deux pieds, il s'élevait jusqu'à 3 ½ « au-dessus de zéro.

« Arrivé au bout du banc de sable, à une petite distance d'un courant très-rapide, « dans une sorte d'anse, où l'eau n'avait d'abord que peu de profondeur, je vis tous « les cailloux recouverts par une sorte de mousse transparente d'un pouce à un pouce « et demi d'épaisseur, composé d'aiguilles de glace entassées de toutes les manières; « c'était une véritable cristallisation, favorisée par la présence des cailloux, et en tout « semblable à celle que donnent certains sels dans nos laboratoires. Le thermo- « mètre marquait zéro à cet endroit, soit vers le bord, soit à plusieurs pieds de « profondeur, dans la partie la plus rapide du courant.

« Bientôt aussi nous pûmes distinguer dans la dernière partie, tant sur le lit « même du fleuve que sur quelques parties du bord, du côté opposé du courant, « à environ cinq pieds de profondeur, de grandes masses de cette glace mousseuse, « dans laquelle la rame d'un batelier s'enfonçait avec la plus grande facilité. Quel- « ques morceaux ainsi détachés étaient absolument semblables aux innombrables « glaçons que le fleuve charriait alors. »

M. Fargeaud en conclut :

« 1° Que dans les rivières plus ou moins profondes, qui n'ont pas de courant, « l'eau doit se maintenir longtemps à une température au-dessus de zéro, soit à « cause de la chaleur du sol, soit à cause de la propriété peu conductrice de l'eau, « soit, enfin, par le fait même de l'espèce d'équilibre qui résulte du maximum de « densité.

« Lorsqu'une pareille rivière gèle, la glace doit de toute nécessité se former à « la surface;

« 2° Que si, au contraire, le courant est très-rapide, toute la masse doit se « porter à zéro;

« 3° Que l'eau ainsi arrivée à zéro pourra conserver quelque temps l'état liquide, « surtout sur un fond de vase ou de sable, mais qu'en général, elle sera disposée

«à cristalliser et cristallisera, en effet, partout où quelque cause contribuera à «produire ce changement d'état.»

Puis, M. Fargeaud ajoute, en faisant allusion aux faits que j'avais exposés en sa présence, à la Société d'histoire naturelle de Strasbourg :

«Qu'il avait appris qu'un maître de forge des Vosges, pour empêcher la glace «de se former au fond du ruisseau qui alimente son usine, faisait enlever, tous les «ans, les pierres et autres corps étrangers qui s'y trouvent.»

Depuis, mes expériences ont été citées par Arago et par d'autres physiciens, sous le nom anonyme du maître de forge des Vosges.

Berzelius, dans son *Compte rendu pour 1829* (10e année), parle aussi de la glace au fond des rivières; il n'avait vu lui-même le phénomène qu'une seule fois.

Il rapporte les observations de Hugi et une lettre de M. Reaucourt, publiée dans le *Globe* du 17 février 1830.

Arago, dans l'*Annuaire du bureau des longitudes pour 1833*, rapporte tout ce qui était connu jusqu'alors sur la glace au fond de l'eau et en donne l'explication suivante :

«Qui ne sait, disait cet illustre savant, que pour hâter la formation des cristaux «dans une dissolution saline, il suffit d'y introduire un corps pointu ou à surface «inégale; que c'est surtout autour des aspérités des corps que les cristaux prennent «naissance et reçoivent de prompts accroissements? Eh bien! tout le monde peut «s'assurer qu'il en est de même des cristaux de glace.

«Mais ce que nous venons de dire, continuait Arago, n'est pas précisément «l'historique de la congélation des rivières. On n'en doute guère, je pense, si l'on «se rappelle que la congélation ne s'opère jamais sur le lit même, que là où il se «trouve des roches, des cailloux, des pièces de bois, des herbes, etc.

«Une autre circonstance qui semble pouvoir jouer aussi un certain rôle dans ce «phénomène, c'est le mouvement de l'eau. A la surface, ce mouvement est très- «rapide, très-brusque; il doit donc mettre empêchement au groupement symé- «trique des aiguilles, à cet arrangement polaire, sans lequel les cristaux, de quel- «que nature qu'ils soient, n'acquièrent ni régularité de forme, ni solidité; il doit «briser souvent les noyaux cristallisés, même à l'état rudimentaire.

«Le mouvement, ce grand obstacle à la cristallisation, s'il existe au fond de l'eau «comme à la surface, y est du moins très-atténué. On peut donc supposer que son «action y contrariera seulement la formation d'une glace régulière ou compacte, «mais qu'il n'empêche pas qu'à la longue une multitude de petits filaments ne se

« lient les uns aux autres confusément et de manière à engendrer cette espèce de « glace spongieuse, à travers laquelle M. HUGI enfonçait si facilement les rames de « son bateau.

« Parvenu à ce terme, le lecteur demandera peut-être pourquoi je ne présente « pas ce qui précède, comme l'explication complète de la formation du *Grundeis* « des Allemands, des glaces de fond de nos mariniers. Voici ma réponse :

« Nous manquons encore d'observations qui prouvent que nulle part cette « espèce de glace ne se montre avant que la totalité du liquide ne soit descendue à « zéro.

« Il n'est pas certain que les petites aiguilles gelées flottantes sur le liquide dont « M. KNIGHT fait mention et qui peuvent avoir acquis au contact de l'air, du moins « à leur surface, une température fort au-dessous de zéro, ne jouent pas dans « le phénomène un rôle important que j'ai totalement négligé : le rôle, par « exemple, d'aller refroidir les cailloux qui couvrent le lit de la rivière lors- « que le courant les entraîne jusque-là. Ne serait-il pas même possible que « ces filaments flottants fussent les éléments principaux de la future glace spon- « gieuse ? »

En 1836, GAY-LUSSAC (*Annuaire de chimie et de physique*, t. LXIII) revient sur cette théorie de la glace au fond de l'eau. Il met en doute la première explication d'ARAGO et se rattache plutôt à l'hypothèse des filaments flottants dont parle ARAGO en dernier lieu.

« Les glaces spongieuses, dit-il, qu'on rencontre sur le lit de quelques rivières « d'un cours rapide ont pour origine les petits glaçons sans nombre qu'elles char- « rient à leur surface par les temps très-froids, et dont la surface qui touche l'air, « est un peu au-dessous de zéro.

« La submersion des glaçons a lieu par le courant même qui les entraîne dans « ses mouvements.

« Leur adhérence, soit avec les corps étrangers qui couvrent le lit de la rivière, « soit entre eux, est déterminée par la congélation de la lame d'eau aux points de « contact, due au plus grand froid des glaçons, et leur permanence au fond de « l'eau, sans autre accroissement que celui de leur nombre, s'explique par la con- « stance de la température à zéro, laquelle ne saurait elle-même avoir lieu qu'à la « faveur d'un courant suffisamment rapide. »

En 1847, M. le docteur PLIENINGER, de *Stuttgart*, fit insérer dans le rapport annuel de la Société des sciences naturelles du *Wurtemberg*, une note accompagnée de la relation des expériences faites sur le *Danube*, par M. G. LENKE, d'*Ulm*.

On avait immergé dans le *Danube* trois chenaux en planches de sapin, dont l'un

était fait en planches rabotées, le second en planches brutes non rabotées, et le troisième était même repiqué et présentait des aspérités plus fortes.

Il s'est trouvé que dans le premier chenal il ne s'est pas formé de glace, dans le second, il s'est trouvé de petites aiguilles fines, et dans le troisième, il y avait des groupes et amas de glace notable. Ces expériences me paraissent contraires à la manière de voir de Gay-Lussac; nous reviendrons sur leur explication.

Voici les expériences que j'ai faites en 1829 et que j'ai répétées à plusieurs reprises depuis.

J'avais pris trois chaudières de fonte d'environ 1 mètre de diamètre que j'ai remplies d'eau.

Pour juger de l'influence des corps étrangers, j'avais mis au fond de l'une des chaudières des morceaux de bois et de fonte; dans l'autre, on avait laissé se congeler un peu d'eau; dans la troisième, il n'y avait rien. Ces corps étrangers n'exercèrent aucune influence sensible sur la congélation. Au moment de commencer l'expérience, l'air ambiant était à — 2°; il fit plus froid pendant la nuit; l'eau était à 0°. Elle se recouvrit immédiatement de lames de glace qui se croisaient à 30°, 60° et 120°, et qui formèrent bientôt toute une croûte de glace à la surface.

Le lendemain, j'ai brisé cette croûte, qui était de 35 à 40mm d'épaisseur; j'ai décanté l'eau des chaudières et j'ai trouvé le fond et toutes les parois tapissés d'une couche de glace contiguë de 20 à 25mm d'épaisseur.

La surface était lisse, il n'y avait que par-ci par-là quelques légères rugosités; c'est à ces rugosités que se trouvaient attachées des houppes d'aiguilles de glace.

En janvier 1860 je fis de nouvelles expériences. Je pris trois chaudières en fonte, de 550 et 670mm de diamètre, et un baquet en bois de 640mm; je les remplis d'eau de la rivière, qui était à + 2°, la température de l'atmosphère était de — 2° dans la journée, elle descendit à — 5° dans la nuit.

On plaça ces vases sur des supports de 200mm de haut, afin de les environner d'une température égale de tous les côtés. Le lendemain, les quatre vases se trouvaient couverts d'une couche de glace de 120 à 140mm d'épaisseur.

Les chaudières en fonte étaient couvertes d'une couche de glace de 20mm aux parois et de 15 à 20mm au fond; cette couche de glace était lisse et sans aspérités.

Le cuveau en bois n'avait qu'une couche d'environ 3mm sur les parois et quelques houppes d'aiguilles. Sur le fond, il se trouvait quelques lames de glace isolées de 100 à 110mm de longueur, 5 à 6mm de largeur, et 1 à 2mm d'épaisseur, garnies sur leurs bords de petites pointes de lances, implantées verticalement sur la grande lame, comme les dents d'une scie; ces dents ou aiguilles latérales avaient 5 à 6mm de long sur 1 à 2mm de large.

Ces expériences, répétées à plusieurs reprises, par un froid de — 6 à — 7°, donnèrent toujours le même résultat.

« A savoir, *qu'après s'être recouverts d'une couche de glace à la surface, les vases* « *se tapissaient aussi d'une couche de glace aux parois et au fond, comme cela était* « *à prévoir; cette glace des parois est d'épaisseur différente, selon la conductibilité et* « *le rayonnement des parois.* »

C'est ainsi que la cuve de bois avait la couche de glace plus mince sur les parois que les chaudières en fonte, et que sur son fond il n'y avait d'ordinaire que des aiguilles.

J'ai remarqué que les chaudières en fonte prenaient des couches de glace d'autant plus fortes que le froid extérieur était plus intense, que ces couches étaient toujours un peu plus fortes aux parois qu'au fond, et qu'une fois formées, ces couches, mauvais conducteur du calorique, faisaient elles-mêmes fonction de parois isolantes et n'augmentaient guère d'épaisseur vers l'intérieur.

J'ai aussi remarqué que la surface des parois, ainsi que la surface intérieure de la couche de glace qui recouvrait le liquide, étaient quelquefois striées par des lignes fines, se croisant à angles de 30°, 60° et 120°. Je joins à ce mémoire un tracé de ces lignes qu'on a relevé en frottant le papier de plombagine.

Les petites mares d'eau de peu de profondeur se gèlent ordinairement en lames qui se croisent sous ces mêmes angles.

Pour bien observer la formation de la glace *au fond de l'eau*, j'avais pris des vases de fonte que j'avais placés dans un mélange réfrigérant de neige et de sel marin qui donna un froid de — 16°.

L'air ambiant était de + 13° et + 15°.

L'eau était à 0°; alors naturellement il ne s'est pas produit de glace à la surface de l'eau, mais bien au fond des vases.

La congélation n'était pas toujours la même; une fois c'étaient des aiguilles qu'on voyait grandir sensiblement jusqu'à ce que la force ascensionnelle produite par leur pesanteur spécifique plus légère eût vaincu la faible adhésion de leur petite base; elles se détachaient alors et venaient nager à la surface.

Une autre fois, le fond et les parois se couvraient très-rapidement d'une couche mince de glace unie, rayée des mêmes lignes fines que j'ai déjà mentionnées en parlant des glaces formées aux parois des chaudières, ou bien d'une couche de glace spongieuse formée d'aiguilles entre-croisées, comme la glace du fond des rivières.

Il résulte de ces expériences que, comme cela *était à prévoir, chaque fois qu'une masse d'eau se refroidit au-dessous de* 0°, *et que les parois qui la renferment sont*

aussi à une température de moins de 0°, *cette eau doit se geler tout aussi bien au fond qu'à la surface, et que, si ordinairement elle ne gèle qu'à la surface, c'est que le fond de l'eau et les parois sont la plupart du temps à une température au-dessus de* 0.

En effet, la terre, toujours à la température au-dessus de 0°, ne perd son calorique qu'à la surface, par rayonnement ou par contact de corps plus froids.

Non-seulement la terre, qui forme le fond et les parois des rivières, ou de grands réservoirs d'eau, est très-mauvais conducteur du calorique, mais l'eau et la glace sont encore plus mauvais conducteur.

La glace, spécifiquement plus légère que l'eau, vient toujours nager à sa surface, quand la force ascensionnelle, produite par sa pesanteur moindre, est parvenue à vaincre son adhésion avec le fond. Il a même été constaté qu'elle entraîne du fond de l'eau des corps plus lourds.

Le maximum de densité de l'eau étant non pas à 0°, mais bien à 4°,44, fait que toutes les grandes masses d'eau plus ou moins tranquilles, et même celles qui n'ont qu'un mouvement contigu, non tourbillonnant, sont dans le fond à une température au-dessus de 0, quand même l'eau est à 0 ou gelée à la surface.

En hiver, à une température de — 11° et — 15°, l'étang voisin de la forge de *Niederbronn*, qui n'a qu'un mètre de profondeur, est recouvert d'une couche de glace de 25 centimètres d'épaisseur, et cependant l'eau qui en découle est à + 3°.

Par ce concours admirable de circonstances, les grandes masses d'eau ne gèlent jamais au fond, et lors même qu'il y a de la glace au fond de l'eau, elle finit par s'en détacher et par venir nager à la surface. S'il en était autrement, toutes nos mers, tous nos lacs, toutes nos grandes rivières ne seraient que des masses de glace qui ne dégèleraient jamais complétement.

Mais nous voyons aussi que chaque fois que l'eau est refroidie à 0°, et qu'elle trouve un fond également refroidi à 0°, elle se gèle tout aussi bien au fond qu'à la surface.

Il faut donc, pour produire de la glace au fond de l'eau, que celle-ci soit mise en mouvement, de manière que ses couches inférieures puissent être refroidies à 0°, que cette eau froide descende au fond de la rivière, qu'elle en refroidisse les parois et qu'elle trouve finalement, au milieu du mouvement, un point de repos où elle puisse exercer sa force d'adhésion, sa force de cristallisation.

Je m'explique sur cette contradiction apparente :

En effet, un corps étranger, un obstacle placé au milieu d'un courant d'eau, y produit deux effets différents : d'une part, il change la direction du liquide qui le frappe et lui donne un mouvement de rotation parfois assez fort pour former de

véritables tourbillons, d'autre part les molécules du liquide qui se trouvent immédiatement derrière l'obstacle passent à l'état de repos, et il y a des points stationnaires et immobiles.

Ce sont là les bonnes conditions pour la formation de la glace au fond des rivières.

Le mouvement tourbillonnant produit par les obstacles, amène l'eau froide à 0° au fond du lit de la rivière, y refroidit les parois. Dès lors les molécules de l'eau, à peu près immobiles derrière l'obstacle, peuvent y exercer leur force d'adhésion et de cristallisation.

Mais il faut, pour produire ces effets, un froid intense et d'une certaine durée.

L'influence exercée par ces obstacles est évidente dans les diverses expériences que j'ai relatées; on la reconnaît dans les petites aspérités des planches non rabotées ou repiquées, de Lenke, dans les cailloux du *Rhin*, observés par Fargeaud, et les contre-forts du pont de l'*Aar*, décrits par Hugi.

J'attribue donc, comme Arago, principalement la formation de la glace au fond de l'eau aux obstacles qui se trouvent dans le courant, mais pour moi, ces obstacles ne sont pas seulement des points d'appui pour les cristaux, mais d'une part ils servent à augmenter le mouvement de rotation, le mouvement de tourbillonnement qui fait descendre l'eau qui est à 0° jusqu'au fond de la rivière, et d'autre part ils produisent les points stationnaires au milieu du mouvement, où la force cristallisante peut s'exercer.

J'ai parfaitement constaté l'influence de ces corps étrangers dans le canal d'amenée de l'usine de *Zinsweiler*.

Pendant l'hiver de 1829 la glace se formait au-dessous de l'eau, là où il y avait de grosses pierres, des racines, ou des branches d'arbres qui plongeaient dans le canal. J'ai fait cesser presque entièrement la formation de cette glace, en faisant enlever ces corps étrangers.

Il faut donc enlever, au moins pendant les plus grands froids et autant que faire se peut, les herses, les barres de fer près des vannes et écluses, et tous les corps qui peuvent occasionner un mouvement de tourbillonnement.

En résumé, on peut donc dire que :

1° L'eau qui est exposée à une température au-dessous de 0° dans un vase ou dans un réservoir dont les parois peuvent se refroidir facilement, commence toujours par se couvrir à la surface d'une légère couche de glace, ensuite les parois et le fond du vase se recouvrent également d'une couche de glace.

2° L'épaisseur de cette couche est en raison directe de l'intensité du froid et en raison inverse de la conductibilité de ces parois; la couche de glace elle-même fonctionne comme paroi mauvais conducteur.

3° Il reste presque toujours, au centre, une certaine quantité d'eau qui, entourée de toute part par la glace, ne perd que difficilement son calorique latent et ne gèle pas. Il s'y maintient aussi très-souvent une bulle d'air qui s'est dégagée de l'eau pendant sa congélation. Mais il arrive parfois que par un froid intense et continu, la croûte supérieure vient à se gercer et que par les fissures le calorique de la masse centrale s'exhale; alors le tout se congèle et la surface prend une forme bombée ou bosselée, par l'expansion de la glace qui s'est formée au centre.

4° Les flaques d'eau ou les petites mares qui se trouvent sur les routes ou dans les champs, se couvrent promptement d'une légère croûte de glace, puis elles se prennent en lames, qui se croisent à 30°, 60° et 120°, laissant entre elles des espaces vides; l'eau qui les avait remplies est absorbée par la spongiosité et la capillarité des terres environnantes et finit par se congeler.

5° Il en est tout autrement pour l'eau en grandes masses, car l'eau de 4°,44, tout spécifiquement plus pesante que celle à 0°, gagne le fond, tandis que l'eau de la surface continue à se refroidir et finit par se congeler.

6° Pour que la glace puisse donc se former au fond des grandes masses d'eau, il faut :

1) Que l'eau soit animée d'un mouvement assez rapide pour vaincre la superposition par couches, suivant ses différences de pesanteur spécifique et pour amener au fond des couches froides, de manière que l'eau froide soit à 0° jusqu'au sol et que les parois inférieures, se refroidissant successivement, soient amenées également à 0°;

2) Qu'au milieu du courant se trouve un obstacle contre lequel le flot vienne se heurter.

En effet, chaque fois qu'il se trouve dans un courant un corps formant obstacle, le choc contre cet obstacle augmente le mouvement de rotation du courant et peut même le faire passer à l'état de tourbillon; mais il ne faut point perdre de vue que derrière cet obstacle il existe un espace où l'eau se trouve dans un repos parfait, si bien que quand le corps qui fait obstacle est d'un volume considérable, il y a souvent du sable et même des cailloux qui viennent se déposer à cet endroit et y former un delta.

C'est là que vient se former la glace du fond, le *Grundeis*, dont l'adhérence augmente graduellement le volume de l'obstacle et de l'effet produit jusqu'au moment où, sollicitée par sa pesanteur spécifique moindre, la glace se détache et se porte à la surface de l'eau.

Dans la séance du 3 mai 1864, M. le professeur Bertin a présenté à la Société un mémoire sur la polarisation de la lumière par la glace, duquel il résulte que la

glace formée au fond de l'eau polarise la lumière de la même manière que la glace formée à la surface.

Il y a un très-bon article sur la glace, par L. F. KÆMTZ, dans l'*Encyclopédie* de ERSCH et GRUBER.

Il donne la pesanteur spécifique de la glace d'après

KRAFT	0,905
IRWIN	0,937
SCORESBY	0,9146 — 0,9126 — 0,9253
ROYER et DUMAS	0,950
OSONN	0,9268

THOMSON, dans sa chimie, donne 0,2900, qui est à peu près la moyenne de tous ces chiffres.

Pour la forme du cristal de la glace, HAÜY avait cru devoir la déduire de l'octaèdre[1].

BREWSTER[2] admet des hexaèdres terminés par trois plans.

HÉRICART DE THURY[3] admet le prisme hexaèdre.

CLARKE[4], dans un travail qui paraît très-exact, admet des rhomboèdres à angles de 120° et 60°.

Ce travail est confirmé par MARX et BREWSTER. (*Annales* de POGGENDORF, XXXII, 399.)

Il nous paraît aussi corroboré par les lignes croisées à 30°, 60° et 120°, que nous avons observées et dont nous donnons la reproduction.

Voir aussi SCORESBY : *Cristallisation de la neige*, dans les *Annales de chimie et de physique*, t. XVIII.

1. 3e édit. I, 256.
2. POGGEND., *Ann.*, VII, 509.
3. *Ann. chim.*, XXI, 156.
4. *Transact. of the philos. society of Cambridge*, I, 213.

Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault.

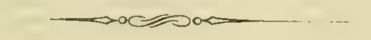
TRACÉ DES LIGNES D'UNE COUCHE DE GLACE.

NOUVEAUX
OPUSCULES DE PHYSIQUE

PAR

M. A. BERTIN

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG.



I.

Expérience sur l'induction et Disjoncteur automatique.

Dans les leçons sur l'induction, le professeur de physique éprouve souvent d'assez grandes difficultés pour isoler les deux courants induits direct et inverse, au moyen d'un disjoncteur ou d'un Rhéotrope, afin de les lancer suivant la même direction, soit dans un galvanomètre, soit dans un voltamètre.

Les expériences sont nettes avec le courant *direct*, parce qu'il se sépare facilement; mais il n'en est pas de même du courant *inverse*, dont l'isolement est plus difficile et qui pour cette raison ne donne le plus souvent dans le voltamètre que des gaz mélangés, et dans le galvanomètre qu'un tremblotement de l'aiguille aimantée.

L'ambiguïté dans les démonstrations expérimentales est un grand défaut, parce que les élèves, ne tenant pas compte des difficultés d'une expérience, sont trop disposés à croire que les lois qu'on ne peut pas leur démontrer nettement n'existent pas réellement. Cette ambiguïté n'existe plus, quand on cherche à faire produire aux courants induits un effet mécanique continu, parce qu'alors le sens de cet effet dépend du courant prédominant, quand même celui-ci serait accidentellement mêlé avec le courant de sens contraire. J'ai donc pensé à montrer le sens des courants induits au moyen du sens de la rotation électro-magnétique qu'ils produisent dans les liquides. Voici comment je dispose l'expérience :

La partie supérieure de la figure 1 représente une bobine d'induction à deux fils. Le fil inducteur est attaché aux boutons cc', et le fil induit aux boutons ii'. Sur cette bobine est placé un vase annulaire V, destiné à contenir le liquide électrolysé. Le fond de ce vase est un disque de verre percé à son centre, il porte collé à la glu marine deux cylindres concentriques en cuivre. Le plus petit, qui est mastiqué dans le trou central, a 1 centimètre de diamètre; le plus grand, qui est collé à la circonférence du disque, en a de 8 à 9. Le tube central communique par-dessous le verre avec un bouton d'attache v, fixé sur une planchette servant de support et dans laquelle est encastré le vase V, tandis que de l'autre côté un bouton v' communique avec le cylindre extérieur. On voit à travers le fond du vase le noyau en fer doux de la bobine qui est ici représenté par un cercle ponctué. On verse dans le vase un liquide conducteur, tel que du sulfate de cuivre ou de l'eau acidulée par un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique; sur ce liquide on fait flotter un petit disque f en liége noirci à la fumée de l'essence de térébenthine et portant une allumette terminée par un pavillon en papier, pour montrer au dehors le mouvement du liquide.

On constate d'abord l'action du courant inducteur sur ce liquide, en attachant le pôle positif de la pile en c, le pôle négatif en v et réunissant par un fil conducteur les boutons c' et v'. Le courant inducteur circule dans la bobine dans le sens de la flèche s, il est centripète dans le vase, et, par conséquent, on voit le pavillon prendre une rotation directe, c'est-à-dire ici une rotation *gauche*, dans le sens de la flèche s.

C'est à cette rotation que l'on compare celle qui est produite par les deux courants induits, après les avoir séparés au moyen d'un disjoncteur quelconque, tel que la double roue dentée qui sert habituellement à cet usage. Laissant le pôle positif de la pile au bouton c, on attache le pôle négatif au bouton c' et on intercale dans le circuit la première roue du disjoncteur. On fait ensuite communiquer la seconde roue avec les boutons i et v pendant que les boutons i' et v' communiquent entre eux. Le courant inducteur traverse alors la bobine seulement, d'une manière intermittente, mais toujours dans le sens des flèches pennées, tandis que le courant induit traverse la bobine et le vase dans le même sens ou en sens contraire, suivant la manière dont on ajuste la seconde roue du disjoncteur par rapport à la première; et alors voici les phénomènes qu'on observe.

Si le disjoncteur est disposé de manière à ne laisser passer que le courant induit de rupture, on voit le pavillon f prendre une rotation *gauche*, comme tout à l'heure avec le courant inducteur. Donc le courant induit de *rupture* est *direct*. L'expérience nous offre encore un autre enseignement. Lorsque le courant induit s'établit, le

courant inducteur a cessé; c'est alors le courant induit qui maintient l'aimantation du noyau, pour produire ou au moins pour accélérer la rotation électro-magnétique du liquide.

Si, au contraire, le disjoncteur est disposé de manière à ne laisser passer dans le second fil de la bobine que le courant induit de fermeture, on voit le liquide tourner à *droite*, tandis que le courant inducteur le faisait tourner à gauche. Donc le courant induit de *fermeture* est *inverse*. Ici ce n'est plus le courant induit dans la bobine qui fait tourner le courant induit dans le liquide, parce que dans ce cas le courant inducteur existe dans le premier fil, pendant que le courant induit circule dans le second, et comme le premier est beaucoup plus intense, c'est son action qui prédomine. On a donc, dans les deux cas, l'action d'une bobine polarisée de la même manière sur deux courants liquides de sens contraire et produisant par conséquent deux rotations opposées. Il est inutile, du reste, de chercher quel doit être le sens absolu de ces rotations; il suffit de comparer les deux courants induits au courant inducteur et de prouver que le premier produit une rotation directe et le second une rotation inverse par rapport à celle qu'on observe avec le courant inducteur.

On voit clairement que si les courants induits ne sont pas parfaitement bien séparés, le sens de la rotation indiquera toujours quel est le courant prédominant. Le liquide ne restera en repos que si les courants ne sont pas séparés du tout, comme cela aurait lieu si on faisait communiquer directement les boutons c, v et les boutons c', v', sans passer par le disjoncteur, dont la première roue interromprait toujours le courant inducteur.

J'employais d'abord, pour séparer les courants induits, la double roue dentée dont je viens de parler, et qui est bien connue des physiciens. On la tourne au moyen d'une manivelle; mais cette manœuvre m'ayant paru fastidieuse, j'ai construit un disjoncteur automatique dont l'idée m'a été suggérée par la vue de l'interrupteur à mercure de M. Foucault. Cet appareil est représenté en projection horizontale dans la partie inférieure de la figure 1.

Une lame métallique élastique R, fixée verticalement par le bas, porte en son sommet un balancier ou tige métallique horizontale TT, qui oscille avec la lame: un contre-poids qui glisse sur une tige fixée verticalement sur le milieu du balancier, fait varier à volonté la rapidité des oscillations. A ce balancier sont fixés à droite un fil d'acier B, terminé par une pointe en platine, plongeant verticalement dans un godet renfermant du mercure et de l'alcool, et à gauche un cylindre horizontal en fer doux aa, servant d'armature à un électro-aimant AA. Le fil de cet électro-aimant communique d'une part à la lame vibrante R et d'autre part à un bouton E

auquel on attache l'un des pôles d'un élément de Bunsen. L'autre pôle de cet élément est attaché à un second bouton E' qui communique avec le mercure du godet nº 1. Quand le fil B plonge dans le mercure, le circuit étant fermé, l'électro-aimant attire son armature et bande le ressort R. Mais cette attraction fait baisser le balancier du côté de A, le soulève du côté de B, et la pointe du fil B abandonnant le mercure, le courant se trouve interrompu un instant, pour être rétabli peu de temps après par suite de l'élasticité de la lame vibrante.

Un peu à gauche de l'armature de l'électro-aimant le balancier porte un second fil vertical C, plongeant, comme le premier, dans un second godet contenant du mercure et de l'alcool. Ce godet communique avec le bouton P auquel on attache le pôle positif d'une pile, tandis que le pôle négatif est fixé au bouton P' qui communique avec le balancier par la lame vibrante. Si le courant doit traverser une bobine d'induction, on attachera l'extrémité c du fil de cette bobine au bouton P', pendant que l'autre extrémité c' de ce même fil sera mise en communication avec le pôle négatif de la pile. Les oscillations du fil C produiront dans cette bobine un courant interrompu dont le sens est indiqué sur la figure par des flèches pennées.

Jusqu'ici nous n'avons encore que l'interrupteur à mercure ordinaire dans lequel les godets 1 et 2 sont placés de chaque côté de l'électro-aimant au lieu d'être du même côté, comme d'habitude. Pour faire de cet interrupteur un disjoncteur, il suffit d'adapter aux extrémités du balancier deux traverses en caoutchouc durci, portant des fourches KK', HH' dont les pointes plongent dans des godets semblables aux précédents. La fourche de droite ne plongera dans les godets 3 et 3' que lorsque le courant inducteur sera ouvert, tandis que la fourche de gauche ne plongera dans les godets 4 et 4' que lorsque le courant inducteur sera fermé. Les godets 3' et 4' qui sont à l'arrière-plan communiquent toujours entre eux au moyen d'une bande métallique continue, portant un bouton d'attache M'. La lame qui réunit les godets antérieurs 3 et 4 est, au contraire, coupée en son milieu, et les deux moitiés en sont séparées par une bande d'ivoire, devant laquelle se trouve un commutateur à ressort M, placé sous la main de l'expérimentateur. Les deux bouts du fil induit s'attachent aux deux boutons M et M', et suivant que le commutateur est poussé sur la partie de la lame marquée D ou sur la partie marquée I, le courant induit est direct ou inverse. La figure 1 représente le disjoncteur et la bobine disposés pour produire la rotation électro-magnétique des liquides. On voit que les communications ont été établies de M en i, de i' en v' et de v en M'. Le commutateur étant sur D, le courant induit est direct, c'est-à-dire de même sens que le courant inducteur. Il circule dans le sens des flèches non pennées, c'est-à-dire que parti du godet 3, par exemple, il se rend au commutateur M, puis de là

au bouton i du fil induit; il sort de la bobine en i' pour entrer dans le vase à rotation en v', d'où il sort en v pour venir au bouton M'. De là une bande de cuivre le conduit au godet 3', d'où la fourche KK' le ramène au godet 3 qui est son point de départ. Pour avoir le courant inverse, il suffit de pousser le commutateur sur I, parce que alors la fourche HH' fermera le circuit induit juste au moment où le fil C plongeant dans le mercure du godet 2, fermera le courant inducteur. Pour que les courants induits soient bien séparés, il est important que l'appareil soit bien réglé. Ce réglage est obtenu par les mêmes moyens que dans l'interrupteur à mercure construit par Ruhmkorff. Une crémaillère soudée au bas de la lame vibrante permet de mettre le marteau de l'électro-aimant à une hauteur convenable, et les six godets sont montés sur des vis pour amener le niveau du mercure à la hauteur des pointes en platine dans les 4 godets 1, 2, 3, 4. On peut éviter le réglage des godets postérieurs en y mettant assez de mercure pour que les pointes y plongent constamment.

On ne peut pas se servir du disjoncteur automatique sans être immédiatement frappé de la différence qui existe entre le bruit de l'étincelle suivant la position du commutateur. Quand le courant induit est nul ou inverse, l'étincelle est vive et bruyante, tandis qu'elle devient immédiatement silencieuse si l'induction est directe. On reconnaît au seul bruit de l'appareil si le commutateur est en D ou en I.

Une fois en possession du disjoncteur automatique, je m'étais proposé de l'utiliser pour une étude suivie des courants induits; la première loi que je cherchai à vérifier est celle de la proportionnalité du courant induit et du courant inducteur. J'ai été tout d'abord fort désappointé de voir que cette proportionnalité ne pouvait pas être vérifiée dans toutes les circonstances, et que l'introduction d'un fer doux dans la bobine suffisait pour changer le rapport des deux courants. C'est de cette manière que j'ai été conduit à m'occuper des courants interrompus, ainsi que je l'exposerai dans le chapitre suivant.

II.

Mémoire sur les courants interrompus.

Les expériences que je vais rapporter sont déjà vieilles de trois ans. Commencées en 1862, elles ont été communiquées à la réunion des sociétés savantes dans la session du mois d'avril 1863. Malheureusement, elles n'ont été publiées que d'une manière très-imparfaite dans la *Revue* de ces sociétés (t. III, p. 369, 19 juin

1863) : les résultats numériques de mes expériences, la loi que j'en avais déduite, la formule qui la représente, la théorie que j'avais proposée pour l'expliquer, en un mot, la partie la plus sérieuse de mon mémoire a été passée sous silence. Dans ces conditions, je n'ai plus osé offrir aux annales de physique un travail qui n'était plus complétement inédit, et j'ai cru devoir attendre pour le publier l'apparition d'un nouveau volume de notre Société des sciences de Strasbourg. M. Cazin ayant présenté récemment à l'Académie deux mémoires sur le même sujet[1], je me suis cru obligé d'établir d'abord par quelques dates l'antériorité de mes recherches.

Voici maintenant quel en a été le but :

Quand un courant est périodiquement interrompu d'une manière quelconque, par exemple, au moyen d'une roue dentée tournant d'un mouvement uniforme, on croit généralement que le courant interrompu et le courant continu ont des intensités proportionnelles à leurs durées respectives. Ainsi, quand la jante de la roue dentée a des vides égaux aux pleins, l'interruption produite par le mouvement de cette roue réduit à moitié la durée du courant, elle doit donc réduire à moitié son *intensité*, c'est-à-dire la *quantité* d'électricité qu'il transporte par minute, et c'est en effet ce que M. Pouillet a trouvé en mesurant les courants soit au voltamètre, soit à la boussole des tangentes.

Le nom de M. Pouillet est pour ces expériences une garantie d'exactitude que personne ne songe à contester. La loi qu'il a trouvée est parfaitement exacte et se vérifie facilement quand on se place dans les conditions où elle a été établie, c'est-à-dire quand il n'y a pas de bobine dans le circuit. Mais elle est, au contraire, très-éloignée de la vérité quand le courant interrompu traverse une bobine, surtout si cette bobine renferme un noyau de fer doux. Cette loi n'est donc pas générale, elle a besoin d'un complément, et c'est ce complément que j'ai cherché à découvrir.

§ 1. — Description des expériences.

La disposition des appareils est représentée dans la figure 2.

Le courant d'une pile P entre d'abord dans un distributeur D qui le conduit dans les différents fils d'un Rhéostat R destiné à faire varier la résistance du circuit. De là il se rend à une boussole des tangentes G éloignée de 3 mètres. Après avoir été mesuré dans la boussole, il est ramené à l'interrupteur I, puis à un commutateur C, d'où il retourne à la pile soit directement, soit en traversant la bobine B.

Un mot maintenant sur chacun de ces appareils.

1. Comptes rendus de l'Académie des sciences du 26 septembre 1864.

1° *Boussole des tangentes G.* — Quand l'aiguille de cette boussole est très-petite par rapport au diamètre du courant circulaire placé dans le méridien magnétique, qui tend à l'écarter de sa position d'équilibre, on démontre que l'intensité I de ce courant est proportionnelle à la tangente de la déviation α qu'il produit, ou que

$$I = m \text{ tang } \alpha$$

m étant un coefficient constant qui, dans ce cas, représenterait l'intensité d'un courant capable de dévier la boussole de 45°.

Mais, en réalité, l'action du courant sur la boussole est exprimée par une série qui ne se réduit à m tang α que si la longueur de l'aiguille est nulle. Comme cette condition n'est jamais remplie, la formule précédente ne peut être vérifiée expérimentalement que d'une manière approchée. M. Despretz a le premier remarqué qu'elle donnait des intensités trop petites, et MM. Blanchet et de Laprovostaye, calculant ensuite le second terme de la série, ont proposé de remplacer la formule élémentaire par la suivante, dans laquelle r désigne le rapport de la distance des pôles de l'aiguille au diamètre du courant :

$$I = m \left[\text{tang } \alpha + \frac{15\, r^2}{4} \left(\text{tang } \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\,\alpha\right)\right].$$

Quoique cette formule donne lieu à des calculs fatigants, je l'ai d'abord employée, mais je n'ai pas tardé à l'abandonner, et voici pourquoi : Pour de petites déviations, la correction qu'il faut faire à la tangente est insignifiante et peut être négligée. Quand, au contraire, les déviations sont considérables, dès qu'elles dépassent 50°, cette correction m'a paru insuffisante, car les intensités calculées ne vérifient plus la loi d'Ohm. Il importait donc de ne jamais chasser l'aiguille à plus de 50° du plan du courant, et d'avoir cependant un champ assez vaste pour étudier les variations que je devais observer. J'ai cherché à obtenir ce résultat en plaçant le courant non plus dans le méridien magnétique, mais à 45° de ce plan.

Que le lecteur veuille bien se reporter aux figures 2, 3 et 4 qui représentent la boussole dans trois états différents. Dans ces trois figures MM est le méridien magnétique, CC le plan du courant, AB l'aiguille aimantée, et ab l'index normal à l'aiguille, destiné à marquer ses déviations sur un cercle divisé. La ligne des deux zéros de ce cercle est toujours perpendiculaire au plan du courant. Quand le courant est nul (fig. 2), l'aiguille pointe sur + 45°, et son index s'arrête à — 45°, en comptant les arcs à partir du zéro et les affectant du signe + ou du signe — suivant qu'ils sont comptés vers le méridien magnétique ou en sens opposé. Quand le courant passe, l'aiguille est déviée : si le courant est faible, le pôle austral A reste compris dans l'angle MOC (fig. 3), et l'index marque une certaine déviation — α : si le courant est plus fort, le pôle austral sort de l'angle MOC et passe de l'autre

côté du courant (fig. 4), l'index atteint le zéro, le dépasse et s'arrête à la division $+\alpha$. Dans les deux cas, la condition d'équilibre est la même : c'est toujours l'action de la terre T parallèle au méridien magnétique, et l'action I du courant perpendiculaire à son plan, qui doivent être telles que leur résultante R soit dirigée suivant l'aiguille. Cette condition mécanique s'exprime analytiquement de la manière suivante :

Dans le triangle RAT on a, dans les deux cas:

$$\frac{RT}{AT}=\frac{\sin RAT}{\sin TRA}=\frac{\sin ROM}{\sin DAO},$$

ou bien, en prenant α avec le signe convenu:

$$\frac{I}{T}=\frac{\sin(45+\alpha)}{\cos\alpha}=\sin 45+\cos 45 \operatorname{tang}\alpha,$$

d'où

$$I=T\sqrt{\tfrac{1}{2}}\,(1+\operatorname{tang}\alpha),$$

ou enfin, en représentant par m le coefficient constant :

$$I=m\,(1+\operatorname{tang}\alpha).$$

Telle est la formule qui m'a servi à calculer l'intensité de tous les courants. Elle m'a permis d'employer des déviations comprises entre $-45°$ et $+50°$, c'est-à-dire que le champ des variations de la boussole s'est étendu à 95° au lieu de 50° qu'il était d'abord : il avait donc à peu près doublé.

Quant au coefficient m, je l'ai mesuré avec soin au moyen d'un voltamètre particulier dont on trouvera la description plus loin. En prenant pour unité de courant celui qui, dans 1 minute, sépare de l'eau 1 milligramme d'hydrogène, c'est-à-dire le courant qui, dans 1 minute, transporte un équivalent d'électricité, j'ai trouvé :

$$m=0{,}437, \text{ d'où } I=0{,}437\,(1+\operatorname{tang}\alpha).$$

Mais, dans la plupart des cas, on peut se contenter des intensités relatives et prendre

$$m=1 \qquad I=1+\operatorname{tang}\alpha.$$

2° *Rhéostat R.* — Le Rhéostat, à l'aide duquel je faisais varier les résistances du circuit, était formé par six fils de cuivre tendus sur une planche verticale de $2^{m},35$ de hauteur. Les extrémités de chaque fil aboutissaient à des bornes fixées dans la partie inférieure de la planche. Le fil le plus court parti de la première borne montait en haut de la planche et redescendait pour venir s'attacher à la seconde borne. De celle-ci partait un fil de longueur double qui s'enroulait deux fois sur la planche et revenait s'attacher à la troisième borne, et ainsi de suite, les longueurs des fils étant successivement 1, 2, 3, 4, 5 et 7. A ces six fils on pouvait, dans certains cas, en ajouter un septième de longueur 23. La résistance du fil 1, qui avait

$4^m,7$ de longueur, était égale à 7.4, en prenant pour unité celle d'un fil de cuivre de 1 mètre de longueur et de 1 millimètre de diamètre.

3° *Distributeur D.* — Je donne ce nom à l'appareil qui me permettait de distribuer le courant aux différents fils du Rhéostat. C'est tout simplement un plateau en bois dans lequel sont creusés plusieurs trous, les uns sur la circonférence d'un cercle, et le dernier au centre de ce cercle. Ces trous sont remplis de mercure; ceux de la circonférence communiquent avec les différents fils du Rhéostat, et ils peuvent être reliés par une fourche en cuivre avec le trou central dans lequel plonge le pôle positif de la pile. Ils portent d'ailleurs des numéros qui indiquent la longueur du fil introduit dans le circuit. Si, par exemple, le trou central communique avec le n° 10, on voit que le courant traversera successivement les fils 4, 3, 2, 1, pour s'échapper par la première borne et se diriger de là vers la boussole, et que, par conséquent, on aura intercalé sur son trajet une longueur de fil égale à $4 + 3 + 2 + 1$ ou 10.

4° *Pile P.* — J'ai toujours employé la pile de Bunsen à charbon intérieur. La résistance de chaque élément varie avec la nature des liquides employés pour les charger; mais, en les montant toujours avec des liquides neufs, acide nitrique du commerce et eau acidulée au 10e, j'ai trouvé que cette résistance variait peu d'un élément à l'autre et qu'elle était, en moyenne, de $3^m,6$. La force électromotrice était plus constante encore; elle était pour chaque élément de 26.8, c'est-à-dire que chacun d'eux produisait un courant qui, si on avait pu le faire circuler dans un circuit de résistance 1, aurait extrait de l'eau 26.8 milligrammes d'hydrogène par minute. Ce poids correspond à 299 centimètres cubes d'hydrogène ou à 897 centimètres cubes de gaz tonnant. Ces nombres surpassent de $\frac{1}{9}$ ceux qu'on assigne habituellement pour mesure à la force électromotrice de l'élément Bunsen. (Voir Müller, *Physikalischer Bericht.*) Il paraît donc que le fil de cuivre que j'ai pris pour fil normal avait une résistance trop petite de $\frac{1}{9}$; mais, n'ayant aucun moyen de m'en assurer, je conserverai les nombres auxquels mes expériences m'ont conduit.

5° *Interrupteur I.* — Nous avons vu que le courant parti de la pile et distribué au Rhéostat se rend à la boussole pour revenir à l'interrupteur, qui peut être quelconque. Dans mes expériences définitives, j'ai toujours employé l'interrupteur à mercure de M. Foucault, instrument qui est décrit dans tous les traités de physique. (Voir, par exemple, Jamin, fig. 646.) Au-dessus de la lame vibrante de cet interrupteur se trouve une tige d'acier sur laquelle glisse une masse de cuivre destinée à modifier la vitesse des oscillations. J'ai tracé sur cette tige, de 2 en 2 centimètres, des repères auxquels j'arrêtais le curseur pour obtenir des vitesses variables à volonté. Ces vitesses avaient été déterminées préalablement de la manière suivante :

J'ai d'abord comparé les vibrations d'une lame en laiton avec celles d'un excellent diapason de Marloye, sonnant l'ut_3 des physiciens, c'est-à-dire faisant 512 vibrations simples par seconde, et j'ai trouvé que la lame accomplissait 10 oscillations pendant que le diapason en faisait 85. Mais la petite languette en laiton que j'avais soudée à l'extrémité de l'une des branches de mon diapason, pour lui faire tracer ses vibrations, avait dû le faire baisser un peu de ton, et, en effet, en le comparant avec un autre diapason de Kœnig, sonnant également ut_3, j'ai entendu des battements, et j'en ai compté 30 en 28", ce qui prouvait que le diapason auquel j'avais comparé la lame, avait perdu $^{30}/_{14}$ ou 2 vibrations et $^{1}/_{7}$, et qu'il n'en faisait plus que $512 - 2\,^{1}/_{7} = 509.857$ par seconde. La lame vibrante faisait donc seulement $\frac{10}{85} \times 509.857 = 59.98$ ou, à très-peu près, 60 vibrations simples par seconde.

J'ai ensuite remplacé le diapason par l'interrupteur, et j'ai comparé par la même méthode graphique les oscillations du second appareil avec celles de la lame d'épreuve, ce qui m'a fait connaître le nombre des oscillations simples qu'il faisait par seconde, et, en divisant par 2, le nombre des interruptions qu'il produisait dans le courant. J'ai été conduit de cette manière aux résultats suivants :

Tableau des vitesses de l'interrupteur.

POSITION DU CURSEUR sur la tige.	NOMBRE DES INTERRUPTIONS DU COURANT	
	par seconde p.	par minute 60 p
—	—	—
Curseur enlevé.	16.70	1002
Au bas de la tige	14.35	861
A 2 centimètres	12.70	762
A 4 —	10.75	645
A 6 —	9.15	549
A 8 —	7.60	456
A 10 —	6.30	378
A 12 —	5.45	327

6° *Commutateur C.* — De l'interrupteur, le courant passe dans un commutateur formé simplement par un plateau en bois dans lequel sont creusés sept trous disposés sur deux lignes parallèles aux sommets de cinq triangles équilatéraux juxtaposés. Ces trous sont pleins de mercure, ils peuvent communiquer entre eux à l'aide de deux fourches en cuivre de même longueur, ils sont d'ailleurs reliés à l'interrupteur et à la bobine, comme l'indique la figure 2. Un coup d'œil jeté sur

cette figure fait connaître immédiatement les combinaisons que l'on peut faire avec ce commutateur.

En faisant communiquer :	On obtient :
les trous 1 et 4	courant continu sans la bobine ;
— 2 et 6	courant continu dans la bobine ;
— 1 et 5	courant interrompu sans la bobine ;
— 2 et 5	courant interrompu dans la bobine ;
— 2 et 5 . . . . . et 3 et 7	courant interrompu dans le premier fil de la bobine avec induction dans le second fil.

7° *Bobine B.* — J'ai employé successivement plusieurs bobines : celle dont j'ai fait le plus fréquent usage a 209 millimètres de hauteur et 150 de diamètre. On peut y introduire un noyau creux en fer doux, ayant 73 millimètres de diamètre, percé d'un trou de 42 millimètres. Elle est formée par l'enroulement de deux fils de cuivre d'un diamètre de 2 millimètres, que le coton dont ils sont couverts, porte à $2^{mm},8$. Sans connaître exactement la longueur de ces fils, je l'estime à 125 mètres, pour chacun d'eux, chaque fil formant probablement 370 spires réparties en 5 couches. J'ai trouvé pour leurs résistances :

Fil n° I	34.0	correspondant	à 136^m	de longueur.
— n° II	29.3	—	à 117	—
Ensemble	63.3	—	à 253	—

J'ai mesuré également la résistance des conducteurs qui relient entre eux les divers appareils, et je l'ai trouvée égale à 16.7. Il résulte de là que, en employant n éléments et en intercalant dans le circuit une longueur du Rhéostat égale à r, nombre indiqué par le distributeur, la résistance totale que le courant avait à surmonter était :

Avec la bobine à fil n° I, $R = 50.7 + 3.6\,n + 7.4\,r$.

Avec la bobine à fil n° II, $R = 46 + 3.6\,n + 7.4\,r$.

Avec la bobine à fil double, $R = 80 + 3.6\,n + 7.4\,r$.

§ 2. — Résultats généraux.

Dans une expérience complète, on doit mesurer à l'aide de la boussole les six courants suivants :

1° A. Courant continu avec la bobine dans le circuit.

2° A_1. Courant continu sans la bobine, mais en la remplaçant par un fil à peu près de même résistance, de sorte que A_1 est à très-peu de chose près égal à A.

3° *I*. Le courant précédent interrompu *p* fois par seconde.

4° *B*. Courant interrompu avec la bobine vide dans le circuit.

5° *C*. Courant interrompu avec la bobine pleine dans le circuit.

6° *D*. Courant interrompu dans la bobine pleine à un seul fil avec induction dans le second fil.

De ces six mesures, dont chacune était la moyenne de quatre lectures, on déduisait les rapports suivants, qui représentent pour un courant continu égal à l'unité:

$i = \frac{I}{A_1}$ le courant interrompu sans bobine.

$b = \frac{B}{A}$ *idem* avec bobine vide.

$c = \frac{C}{A}$ *idem* avec bobine pleine.

$d = \frac{D}{A}$ *idem* avec bobine pleine et induction.

Or, en comparant ces quatre rapports, on trouve toujours:

1° $b < i$. — Ainsi *la bobine affaiblit le courant interrompu*, mais l'affaiblissement n'est jamais très-considérable.

2° $c < b$. — Ainsi *l'introduction du noyau dans la bobine diminue le courant interrompu*, et la diminution est en général très-grande.

Avec un interrupteur à marteau très-rapide, j'ai vu l'introduction du noyau dans la bobine réduire le courant interrompu au quart de sa valeur primitive.

3° $d > c$. Ainsi *l'induction dans une bobine à noyau augmente le courant interrompu*, c'est-à-dire que l'induction diminue l'effet du noyau, mais sans le détruire tout à fait, car *d* est toujours plus petit que *b*.

J'ai cherché également quel était l'effet de l'induction sur la bobine vide, et je l'ai toujours trouvé nul ou très-faible. Ce changement étant trop peu intense pour être mesuré exactement, je me contenterai de l'indiquer, et je vais examiner successivement l'effet de la bobine, du noyau et de l'induction.

§ 3. — Effet de la bobine vide.

La présence de la bobine dans le circuit se manifeste immédiatement à l'œil et à l'oreille par une augmentation notable de l'éclat et du bruit de l'étincelle de l'interrupteur, et cet effet est d'autant plus sensible que la résistance du circuit est plus faible. Mais en même temps l'intensité du courant diminue, comme le constate le tableau suivant:

Expérience avec la grosse bobine à fil de longueur double. — 4 éléments. — $p = 16.7$ interruptions par seconde. — Résistance totale $R = 94 + 7.4\,r$.

Résistance intercalée. r	Courant continu. $A = 1 + \tang\alpha$	Courant interrompu		Durée du courant. $t = \frac{i}{p}$	Effet de la bobine		Différence entre le calcul et l'observation.	Variation de x correspondant à $I - B$
		sans bobine. $i = \frac{I}{A}$	avec bobine $b = \frac{B}{A}$		$i - b$	$\frac{i - b}{A}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2.731	0.576	0.488	0″,0345	0.088	0.032	— 23′	11°,4
3	2.155	0.579	0.508	0″,0347	0.071	0.033	— 7′	8°,5
6	1.824	0.572	0.510	0″,0343	0.062	0.034	— 9′	6°,5
10	1.501	0.568	0.512	0″,0340	0.056	0.037	— 28′	4°,6
15	1.232	0.550	0.508	0″,0329	0.042	0.034	+ 2′	2°,6
22	0.983	0.545	0.505	0″,0326	0.040	0.041	+ 21′	1°,8
45	0.593	0.537	0.517	0″,0321	0.020	0.034	+ 1′	0°,5
		0.561	0.507	0″,0336		0.034		

Voici ce que ce tableau nous enseigne :

1° Quand la bobine n'est pas dans le circuit, il semble que le courant interrompu devrait être toujours la même fraction du courant continu, et même qu'il en devrait être sensiblement la moitié, puisqu'on a toujours eu la précaution d'affleurer le mercure à la pointe de l'interrupteur au repos, de telle sorte que la surface du mercure divise en deux parties égales l'arc décrit par la pointe dans ses oscillations. Il n'en est rien cependant. Le rapport i est plus grand que $^1/_2$, comme si la durée du courant interrompu était prolongée par l'étincelle de rupture; et, de plus, ce rapport n'est pas constant, il diminue lorsque la résistance augmente, lorsque, par conséquent, l'étincelle s'affaiblit. Il est en moyenne de 0.56.

2° La durée du passage du courant produit par chaque immersion de la pointe dans le mercure s'obtient en divisant i par le nombre p d'interruptions par seconde. Ce quotient n'est pas tout à fait constant; mais cependant on peut dire que la durée de chacun des courants partiels qui, en se succédant, forment le courant I, est d'environ $^1/_{30}$ de seconde.

3° Quand la bobine est dans le circuit, le courant interrompu diminue, en même temps que l'étincelle de rupture augmente, car on voit que b est plus petit que i.

4° L'effet de la bobine vide est représenté par $i - b$, et il est d'autant plus considérable que le courant est plus intense.

5° Cependant il n'est pas proportionnel à l'intensité du courant que l'on interrompt, car $\frac{i-b}{A}$ n'est pas tout à fait constant. Ce rapport est un peu plus petit pour les courants forts que pour les courants faibles, sans cependant s'écarter beaucoup de $^1/_{30}$.

6° Si on avait exactement $i - b = {}^1/_{30} A$, on en conclurait $B = iA - \frac{1}{30} A^2 = 1 + \text{tang}\,\beta$. La valeur de β ainsi calculée ne diffère pas beaucoup de celle que fournit l'observation, comme le prouve la huitième colonne du tableau.

7° Il ne faut pas oublier dans cette discussion que l'erreur relative des observations est ici très-notable, et d'autant plus que les courants sont plus faibles. Ainsi la dernière colonne du tableau nous montre que si, au commencement, pour $r = 0$, l'introduction de la bobine dans le circuit diminue la déviation de la boussole de 11°,5, à la fin, lorsque $r = 45$, elle ne la diminue plus que de $^1/_2$ degré, nombre qui est de l'ordre des erreurs d'observation.

Les résultats changent évidemment avec la rapidité des interruptions.

Voici, en effet, ceux qu'on obtient avec la même bobine et la même pile pour $r = 0$ lorsque p varie.

Nombre d'interruptions par seconde p	Courant interrompu		Durée du courant	Effet de la bobine		Variation de la boussole.
	sans bobine $i = \frac{I}{A_1}$	avec bobine $b = \frac{B}{A}$	$t = \frac{i}{p}$	$i - b$	$\frac{i-b}{p}$	
1	2	3	4	5	6	7
16.7	0.555	0.474	0.0332	0.081	0.0048	10°,9
12.7	0.561	0.508	0.0442	0.053	0.0042	6°,7
9.15	0.570	0.529	0.0623	0.041	0.0045	5°,4
5.45	0.550	0.524	0.1009	0.026	0.0047	3°,5
				Moyenne. . . .	0.0045	

Dans ces expériences où la durée du passage a varié de $^1/_{30}$ à $^1/_{10}$ de seconde, l'effet de la bobine a varié dans le même ordre, comme on peut le voir dans les colonnes 5 et 7. L'introduction de la bobine dans le circuit sans changer sa résistance a diminué de 15 p. 100 le courant interrompu 17 fois par seconde, et seulement de 5 p. 100 celui qui n'était interrompu que 5 $^1/_2$ fois. Cet effet diminuant avec p, on est porté à chercher si $\frac{i-b}{p}$ est constant, et on voit par l'avant-dernière colonne du tableau que ce rapport varie en effet très-peu.

Il est clair que l'effet de la bobine doit dépendre de ses dimensions; mais je m'abstiendrai de rapporter ici les expériences que j'ai faites avec diverses bobines, parce qu'elles ne m'ont conduit à aucune loi générale.

En résumé, quand une bobine vide est introduite dans le circuit d'un courant interrompu sans en changer la résistance, elle produit une diminution d'intensité telle que

$$\frac{I - B}{p A^2} \text{ ou bien } \frac{i - b}{p A} = \text{constante ou à peu près.}$$

Cette diminution n'est jamais bien grande, de sorte que les erreurs relatives des observations sont considérables et ne permettent pas d'établir la loi avec une grande rigueur. L'effet du noyau, étant plus considérable, va nous permettre de préciser davantage.

§ 4. — Effet du noyau.

L'introduction du noyau en fer doux dans la bobine a le plus souvent pour résultat une augmentation de l'éclat et du bruit de l'étincelle de rupture. Quant aux variations d'intensité, elles se mesurent plus exactement que celles qui sont produites par la bobine seule, parce qu'elles sont plus considérables. Voici, par exemple, quelles sont les déviations de la boussole observées avec un courant de 4 éléments interrompus 16.7 fois par seconde dans la grosse bobine à fil de longueur 2.

Résistance du Rhéostat	Courant interrompu			Variation produite par	
	sans bobine	bobine vide	bobine pleine	la bobine	le noyau
r	α	β	γ	$\alpha - \beta$	$\beta - \gamma$
0	+ 29.8	+ 18.4	— 22.2	11°,4	40.6
3	+ 13.9	+ 5.4	— 24.4	8°,5	29.8
6	+ 2.5	— 4.0	— 26.4	6°,5	22.4
10	— 8.4	— 13.0	— 28.5	4°,6	15.5
15	— 18.0	— 20.5	— 30.7	2°,5	10.2
22	— 24.9	— 26.7	— 33.0	1°,8	6.3
45	— 34.3	— 34.8	— 36.8	0°,5	2.0

On voit, par les deux dernières colonnes du tableau, que l'effet du noyau est bien plus sensible que celui de la bobine. Si on divise les intensités des courants interrompus par celle du courant continu, on obtient les valeurs de b et de c pour la bobine vide et pour la bobine pleine, et la différence $b - c$ représente l'affaiblissement produit par le noyau, lorsque le courant continu est égal à 1. Voici quelles ont été les valeurs de cet affaiblissement dans une expérience faite avec la grosse bobine à fil de longueur 2, en interrompant le courant 16.7 fois par seconde; ce courant étant produit par une pile de n éléments, la résistance du Rhéostat étant r et la résistance totale

$$R = 80 + 3.6\, n + 7.4\, r.$$

Valeurs de $b - c$ pour $p = 16.7$.

n	$r = 0$	$r = 3$	$r = 6$	$r = 10$	$r = 15$	$r = 22$	$r = 45$
2	0.252	0.244	0.219	0.196	0.172	»	»
3	0.258	0.241	0.218	0.207	0.176	0.143	0.097
4	0.260	0.249	0.226	0.205	0.179	0.148	0.098
5	0.257	0.238	0.224	0.203	0.177	0.146	0.099
6	0.257	0.235	0.215	0.197	0.174	0 146	0.089
Moyenne.	0.257	0.241	0.220	0.201	0.176	0.146	0.096

Ce tableau nous montre que, pour une même résistance interpolaire, ou pour une même résistance totale, car celle de la pile est peu de chose, $b-c$ est constant, mais qu'il diminue quand la résistance augmente.

Pour découvrir empiriquement la loi des variations de $b-c$, prenons les valeurs précédentes pour abscisses, et portons comme ordonnées les valeurs correspondantes de A, B, C. Nous obtiendrons ainsi trois courbes passant par l'origine, et nous remarquerons que la dernière s'écarte très-peu de la ligne droite, surtout si nous négligeons les points qui correspondent aux grandes résistances 22 et 45, points qui, à cause de la grandeur des erreurs relatives d'observation, sont déterminés avec moins d'exactitude que les autres. Nous en conclurons que, pour les résistances moyennes au moins, $b-c$ est proportionnel à C. De plus, si nous construisons les cinq droites qui ont C pour ordonnées, $b-c$ pour abscisses, et qui correspondent aux cinq valeurs de n, nous trouverons que, pour une même abscisse, l'ordonnée est proportionnelle à n, et nous en conclurons que

$$n\,\frac{(b-c)}{C} \text{ ou } n\,\frac{B-C}{AC} = \text{constante}.$$

C'est ce que démontre le tableau suivant :

Valeurs de $n\,\frac{b-c}{C}$ ou de $n\,\frac{B-C}{AC}$.

n	$r = 0$	$r = 3$	$r = 6$	$r = 10$	$r = 15$	Moyenne.
2	1.826	1.866	1.934	1.878	1.868	1.874
3	1.950	1.992	1.923	2.055	1.929	1.969
4	1.860	1.984	1.944	1.984	1.936	1.942
5	1.955	1.950	1.910	1.865	1.800	1.896
6	1.902	1.920	1.890	1.896	1.860	1.893
Moyenne.	1.899	1.942	1.920	1.935	1.879	1.915

Ainsi donc, les trois courants A, B, C sont liés entre eux par la relation suivante :

$$n \frac{B-C}{AC} = 1.92.$$

On en conclut

$$C = \frac{B}{1 + 1.92 \frac{A}{n}} = 1 - \operatorname{tang} \gamma'.$$

Cette équation permet de calculer la déviation γ' de la boussole qui correspond au courant c; en la comparant à la déviation observée γ, on trouve les différences suivantes :

Différences $\gamma' - \gamma$ entre le calcul et l'observation.

n	$r = 0$	$r = 3$	$r = 6$	$r = 10$	$r = 15$
2	+ 0°,3	+ 0°,1	0°,0	0°,0	0°,0
3	0°,1	0°,3	0°,0	— 0°,4	0°,0
4	— 0°,2	— 0°,3	— 0°,1	— 0°,2	— 0°,1
5	— 0°,3	— 0°,2	+ 0°,1	+ 0°,3	+ 0°,4
6	+ 0°,2	0°,0	+ 0°,2	+ 0°,2	— 0°,3

La déviation γ était la moyenne de quatre observations, mais les quatre lectures pouvaient différer entre elles de plusieurs dixièmes de degré, quelquefois d'un demi-degré. Il ne faut donc pas s'étonner de trouver des différences de même ordre entre l'observation et le calcul, et on doit regarder provisoirement la formule comme représentant la loi empirique des courants interrompus dans les bobines à noyau en fer doux.

L'effet du noyau, comme celui de la bobine, est proportionnel au nombre p d'interruptions par seconde, c'est-à-dire que

$$\frac{n(B-C)}{pAC} = \text{constante}.$$

Voici, en effet, les résultats qu'on obtient avec quatre éléments :

p	$b - c$	$\frac{n(B-C)}{AC}$	$\frac{n(B-C)}{pAC}$
16.70	0.272	1.952	0.116
12.70	0.252	1.424	0.112
9.15	0.212	0.968	0.106
5.45	0.152	0.596	0.109
		Moyenne	0.111

3

Tels sont les seuls résultats généraux auxquels je sois arrivé dans l'étude des courants interrompus. Mais j'ai encore observé un grand nombre de phénomènes dont je n'ai pu découvrir la loi: je citerai les plus intéressants.

En employant une bobine à huit fils dont le noyau était formé par un faisceau de fils de fer, j'ai trouvé pour l'expression $\frac{B-C}{AC}$ les valeurs suivantes:

Longueur du fil de la bobine	$b-c$	$\frac{B-C}{AC}$	Expériences comparées.	Rapport des valeurs de $\frac{B-C}{AC}$	
1	0.037	0.019	8 à 4	4.4	moyenne 4.5.
2	0.100	0.083	6 à 3	4.2	
3	0.163	0.20	4 à 2	4.7	
4	0.213	0.36	2 à 1	4.6	
5	0.242	0.60	6 à 2	10.8	moyenne 11.3.
6	0.264	0.86	3 à 1	11.8	
7	0.280	1.23	8 à 2	20.8	moyenne 21.3.
8	0.295	1.40	4 à 1	21.8	

Ainsi, quand le rapport des longueurs du fil est 2, celui des valeurs de $\frac{B-C}{AC}$ est 4.5: quand le premier rapport est 3 ou 4, le second est 11 ou 21, c'est-à-dire que l'expression que nous avons admise pour représenter l'effet du noyau croît plus rapidement que le carré de la longueur du fil de la bobine.

L'effet du noyau dépend de sa masse. En introduisant des fils de fer dans la bobine, on est étonné de voir combien est grande l'influence des premiers fils, et comme cette influence tend rapidement vers un maximum à mesure que le nombre des fils augmente.

Il dépend aussi de la quantité dont le noyau est enfoncé dans la bobine, et il augmente rapidement à mesure que cet enfoncement se produit.

En intercalant plusieurs bobines dans le circuit, et introduisant successivement des noyaux en fer dans chacune d'elles, l'effet obtenu n'est pas la somme des effets que produirait chaque bobine. Ainsi, par exemple, en interposant sur le trajet du courant trois bobines, B_1 B_2 B_3, ce courant est réduit à:

0.67 si on introduit le noyau dans la bobine B_1 seulement,
0.71 si on l'introduit dans la bobine B_2 seulement,
0.81 si on l'introduit dans la bobine B_3 seulement,
0.51 si on remplit les bobines B_1 et B_2 seulement,
0.44 si on remplit les trois bobines à la fois, B_1 B_2 B_3.

Ce dernier courant aurait dû être $0.67 \times 0.71 \times 0.81 = 0.38$, si chaque bobine avait exercé une action indépendante de celle des autres: il n'en est rien, en

réalité, et la perte produite par chaque noyau est d'autant moindre que le courant est déjà plus affaibli.

En substituant aux bobines droites un électro-aimant en fer à cheval, l'affaiblissement du courant s'est trouvé plus considérable quand l'électro-aimant était fermé par son armature que lorsqu'il était ouvert.

Enfin, l'addition d'un condensateur à la bobine ne change pas sensiblement les résultats précédents.

§ 5. — Théorie des courants interrompus.

Nous venons de trouver que si un courant A produit par une pile de n éléments est interrompu p fois par seconde, il se réduit à I s'il n'y a pas de bobine dans le circuit, à B si le circuit renferme une bobine vide, et à C si elle est pleine, et que dans ce cas

$$\frac{n(B-C)}{pAC} = \text{constante.}$$

Essayons maintenant de rattacher cette formule empirique à la théorie.

C'est un fait bien connu des physiciens que, dans l'acte de l'interruption d'un courant qui traverse une bobine, il se produit :

1° Au moment de la fermeture du circuit, un extra-courant inverse ou *contre-courant* qui diminue le courant principal ;

2° Au moment de la rupture du circuit, un *extra-courant* direct qui l'augmenterait s'il pouvait se propager dans le circuit.

On sait aussi que ces deux extra-courants sont égaux en quantité, et que, par conséquent, leurs effets se détruiraient s'ils pouvaient tous deux agir sur la boussole.

Mais il faut remarquer que, lorsque l'extra-courant direct s'établit, le circuit est rompu ; ce courant n'a donc pour se propager d'autre voie que le sillon tracé par l'étincelle dans l'alcool de l'interrupteur, et on doit supposer qu'il est sans influence sur la boussole, comme le serait, par exemple, la décharge d'une bouteille de Leyde. Admettons donc que l'affaiblissement produit par la bobine pleine ou vide est dû uniquement aux contre-courants qui prennent naissance au moment de la fermeture du circuit. Représentons par ε et ε' les forces électro-motrices, et par θ et θ' les durées de ces contre-courants produits par la bobine vide et par le noyau ; et nos divers courants s'exprimeront de la manière suivante :

1° Le courant continu A produit par n éléments de force électro-motrice E, circulant dans un fil de résistance R, est :

$$A = \frac{nE}{R}$$

2° Le courant interrompu p fois par seconde dans le fil de résistance R sans bobine, et qui dure t secondes à chaque interruption, est :

$$I = pt\,A.$$

3° Le courant interrompu B, lorsque la bobine vide est dans le circuit, est égal au courant I diminué du contre-courant $\frac{p\,\theta\varepsilon}{R}$, donc :

$$B = I - \frac{p\,\theta\varepsilon}{R}$$

4° Le noyau produit un second contre-courant $\frac{p\,\theta'\,\varepsilon'}{R}$, de sorte que le courant C interrompu dans la bobine à noyau est :

$$C = B - \frac{p\,\theta'\,\varepsilon'}{R}.$$

Les affaiblissements produits successivement par la bobine vide et par le noyau sont donc :

$$I - B = \frac{p\,\theta\varepsilon}{R}$$

$$B - C = \frac{p\,\theta'\,\varepsilon'}{R}.$$

Nous éliminerons d'abord R en divisant par A, ce qui donnera :

$$\frac{n\,(I - B)}{A} = \frac{p\,\theta\varepsilon}{E}$$

$$\frac{n\,(B - C)}{A} = \frac{p\,\theta'\,\varepsilon'}{E}.$$

Les expériences d'Edlung, qui sont décrites dans les *Annales de Poggendorff*, t. LXXVII, p. 161, et analysées dans les *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LIII, p. 51, démontrent que la force électro-motrice des extra-courants est proportionnelle à l'intensité du courant principal, qui est ici le courant A, ainsi on doit poser $\varepsilon = KA$ et $\varepsilon' = K'A$.

La première relation donne la formule suivante pour le cas de la bobine vide :

$$\frac{n\,(I - B)}{p\,A^2} = \frac{\theta K}{E}.$$

Il est naturel de supposer que θ est plus petit que t, c'est-à-dire que le contre-courant a le temps de s'établir dans le circuit avant qu'une nouvelle interruption se produise, et on doit regarder θ comme constant dans les diverses expériences. Il en résulte que le second membre de notre équation ne change pas, et que, par conséquent :

$$\frac{n\,(I - B)}{p\,A^2} = \text{constante.}$$

C'est, en effet, ce que nous avons trouvé pour le cas de la bobine vide, tout en remarquant cependant que, dans ce cas, nos expériences n'ont pas une grande précision.

Quant à l'effet du noyau, il est un peu différent.

Nous avons trouvé, en effet, que l'expression $\frac{n(B-C)}{pA'}$ n'est pas tout à fait constante, et qu'elle l'est moins que $\frac{n(B-C)}{pAC}$: nous en pouvons conclure que la force électro-motrice du contre-courant produit par le noyau est proportionnelle, non pas à l'intensité A du courant continu, mais à l'intensité C du courant interrompu dans la bobine pleine, ou que $\varepsilon' = K'C$, d'où :

$$\frac{n(B-C)}{pAC} = \frac{\theta' K'}{E}.$$

Si θ' ne change pas d'une expérience à l'autre, on voit que :

$$\frac{n(B-C)}{pAC} = \text{constante}.$$

C'est, en effet, la formule qui résume nos expériences sur l'influence du noyau.

§ 6. — Effet de l'induction.

Faisons maintenant passer le courant dans le premier fil de la bobine seulement, le second fil étant à volonté ouvert ou fermé. S'il est ouvert, les effets seront ceux que nous venons de décrire; ils seront seulement plus faibles, puisque la bobine est moins forte : mais s'il est fermé, il se produira dans ce second fil une induction dont l'existence sera révélée par deux phénomènes en apparence contradictoires. L'étincelle de l'interrupteur diminue dans tous les cas, tandis que la déviation de la boussole augmente notablement, mais seulement si la bobine est pleine. Voici, par exemple, les déviations obtenues avec quatre éléments :

Rhéostat	Bobine vide	Bobine pleine	Bobine pleine et induction	Variation de la boussole			Intensités relatives		
r	β	γ	δ	$\beta-\gamma$	$\delta-\gamma$	$\beta-\delta$	B	C	D
0	+ 44°,8	+ 24°,2	+ 39°,1	20°,6	14.9	5.7	1.991	1.450	1.814
3	+ 26°,6	+ 10°,5	+ 22°	16°,1	11.5	4.6	1.500	1.185	1.404
6	+ 11°,5	0	+ 8°,2	11°,5	8.2	3.3	1.203	1.000	1.145
10	— 2°,6	— 10°,1	— 5°	7°,5	5.1	2.4	0.954	0.822	0.912
15	— 13°,2	— 18°,2	— 15°,1	5°,0	3.1	1.9	0.764	0.672	0.731
22	— 22°,2	— 24°,6	— 23°,1	2°,4	1.5	0.9	0.593	0.542	0.573
45	— 32°,9	— 33°,8	— 33°,2	0°,9	0.6	0.3	0.354	0.331	0.346

L'induction diminue donc l'effet du noyau, c'est-à-dire qu'elle augmente le courant dans la bobine pleine, sans toutefois le ramener à ce qu'il était dans la bobine vide, puisqu'on a toujours $\beta > \delta > \gamma$ ou $B > D > C$. Quand la bobine est vide, j'ai déjà dit que l'effet de l'induction était insensible.

Voici, je pense, l'explication naturelle de ces phénomènes.

Au moment où le courant inducteur commence dans le premier fil de la bobine, il s'établit dans le second, s'il est fermé, un courant induit inverse. Celui-ci réagit sur le circuit inducteur et y produit deux courants de second ordre égaux et de sens contraire, et dont, par conséquent, l'action sur la boussole est nulle. Un effet semblable résulte de la réaction du courant induit direct qui accompagne la rupture du circuit inducteur; mais il n'y a pas lieu d'en parler, puisque, en ce moment, le circuit inducteur, étant rompu, ne peut pas recevoir d'induction.

Ainsi, l'influence de l'induction sur la bobine vide doit être nulle, et c'est ce que l'expérience confirme.

Mais il n'en sera plus de même si la bobine est pleine, car l'influence de l'induction sur l'aimantation du noyau ne peut pas être nulle. Quand le courant inducteur se ferme, le courant induit inverse qui se produit dans le second fil diminue un peu l'aimantation du noyau; puis, lorsque peu de temps après le circuit inducteur est rompu, le courant induit de rupture, qui est direct, vient, au contraire, renforcer cette aimantation. Cette fois, les deux effets ne sont plus égaux; car, en plaçant un électro-aimant sur le circuit induit, il est facile de s'assurer que le courant induit direct a une action prépondérante sur l'aimantation. Ainsi, on peut affirmer que *l'induction augmente l'aimantation du noyau.* Il faut ajouter qu'elle la prolonge, car le courant induit aimante le noyau pendant l'interruption du courant inducteur. Ainsi, *les variations de l'aimantation sont moindres*, lorsque l'induction a lieu, et comme ce sont ces variations dans le magnétisme du noyau qui seules produisent le contre-courant, il en résulte que ce contre-courant sera affaibli ou que l'intensité du courant interrompu sera augmentée par l'induction : ainsi on aura $D > C$. Mais ces variations, pour être diminuées, ne seront pas annulées, le contre-courant, pour être affaibli, ne sera pas anéanti, l'induction ne supprimera pas complétement l'effet du noyau, et on aura toujours $D < B$.

Cette explication du rôle de l'induction est justifiée par plusieurs expériences :

La bobine pleine agit plus fortement sur une boussole, lorsqu'il y a induction, que lorsque le second fil est ouvert. Un morceau de fer qu'on approche du noyau est plus fortement attiré. L'aimantation est donc plus forte dans le premier cas que dans le second.

Un fil de fer que l'on tient à la main dans la bobine est fortement agité quand l'induction n'a pas lieu, il reste en repos dès que l'induction se produit.

De la limaille de fer placée sur le noyau forme autour de lui une couronne dont les fleurons sont vivement agités dans le premier cas, et très-peu dans le second.

Quand la limaille est placée au centre de la base du noyau, elle y reste, si l'induction a lieu : elle se porte vivement à la circonférence, s'il n'y a pas d'induction.

Une feuille de tôle placée sur la bobine est violemment agitée si l'induction n'a pas lieu; elle reste en repos dès que l'induction se produit.

Le noyau de la grosse bobine étant creux, si on place sur lui une feuille de tôle arrondie qui ne bouche qu'en partie le trou central, on entend un son comme celui d'une harpe éolienne ; ce son disparaît dès que l'induction a lieu.

Toutes ces expériences, dont quelques-unes sont fort jolies, démontrent surabondamment que l'induction dans le second fil de la bobine rend le magnétisme du noyau plus constant; il en résulte forcément un affaiblissement du contre-courant, et par suite un renforcement du courant interrompu.

§ 7. — **Variation de l'étincelle des courants interrompus.**

Chaque fois que la pointe de l'interrupteur sort du mercure, le courant est interrompu, et il se produit dans l'alcool qui surmonte le mercure une étincelle accompagnée de bruit et de lumière.

Le bruit de l'étincelle augmente par l'introduction de la bobine dans le circuit et diminue par l'induction, qui le réduit presque à rien. Le noyau agit très-différemment suivant les cas. Il diminue le bruit si la bobine est forte ; il l'augmente si elle est faible; ainsi avec la bobine à huit fils, le noyau rend l'étincelle plus bruyante, si on emploie moins de quatre fils ; il la rend plus silencieuse, si on en emploie plus de six.

La lumière de l'étincelle varie dans le même sens que le bruit qui l'accompagne.

On sait que l'étincelle galvanique est due principalement à la tension de l'extra-courant, et cette tension dépend de lois connues, qui permettent de prévoir les variations de l'étincelle dans des conditions données. Je n'insisterai donc pas sur l'explication des phénomènes précédents, mais j'appellerai l'attention des physiciens sur d'autres phénomènes singuliers que j'ai observés avec la bobine de Ruhmkorff.

Plaçons sur le trajet du courant de la pile deux bobines en même temps, d'abord notre grosse bobine à un fil B, puis une petite bobine de Ruhmkorff (le modèle de 200 fr.), et interrompons le courant soit au moyen de l'interrupteur à mercure, soit au moyen de l'interrupteur à marteau que porte la bobine de Ruhmkorff; chaque interruption fait naître dans le fil fin de cette bobine un courant induit que nous ferons passer dans un tube de Geissler.

Si on supprime le marteau de la bobine de Ruhmkorff pour interrompre le courant au moyen de l'interrupteur à mercure, on voit une belle lumière dans le tube de Geissler, lorsque la bobine B est vide ; l'introduction du noyau dans cette bobine

diminue cette lumière en même temps que l'intensité du courant mesurée à la boussole; l'induction sans noyau ne fait à peu près rien; l'induction avec noyau ramène la lumière et l'intensité à peu près à ce qu'elles étaient avec la bobine vide. Ces faits pouvaient être prévus d'après ce qui précède.

Mais il n'en est plus de même si l'interruption est produite au moyen du marteau de la bobine de Ruhmkorff. Avec des courants un peu forts le noyau éteint la lumière et affaiblit le bruit du marteau. L'induction augmente la lumière du tube et le bruit du marteau, aussi bien quand la bobine est vide que lorsqu'elle est pleine. De plus l'intensité du courant inducteur mesuré à la boussole est augmentée et non plus diminuée par l'introduction du noyau; elle est diminuée et non plus augmentée par l'effet de l'induction dans la bobine *B*. Voici quelques nombres obtenus avec une pile de cinq éléments, qui donneront une idée de ces variations:

État de la bobine *B*.	Lumière du tube de Geissler.	Bruit du marteau.	Déviation de la boussole.	Intensité du courant
B. Vide sans induction . .	Lumière faible	Bruit médiocre	$\alpha = + 1°,5$	1.026
B. Vide avec induction . .	Lumière vive	Bruit fort	0	1
B. Pleine sans induction .	Lumière nulle	Bruit faible	$+ 34$	1.674
B. Pleine avec induction .	Lumière vive	Bruit fort	0	1

Je me contenterai de citer ces phénomènes singuliers sans en donner d'explication.

§ 8. — Dégagement de chaleur par les courants interrompus.

La théorie développée au § 5 repose uniquement sur ce principe que l'extra-courant de rupture est sans action sur la boussole. Lorsque j'exposai cette théorie à la réunion des sociétés savantes du mois d'avril 1863, mon ami M. Boutan, professeur à Saint-Louis, me fit observer que l'extra-courant ne pouvait être anéanti, qu'il n'y avait sans doute ici qu'une transformation de forces, d'où pouvait résulter une production de chaleur dans le circuit. De retour à Strasbourg je m'empressai de soumettre cette idée à l'épreuve de l'expérience et je cherchai successivement quelle était la chaleur dégagée dans l'interrupteur et dans le circuit du courant interrompu.

J'ai étudié le dégagement de chaleur dans l'interrupteur au moyen d'un thermomètre dont le réservoir plongeait dans le mercure à côté de la pointe en platine qui par ses oscillations produisait les interruptions; un second thermomètre était placé en dehors. Les deux thermomètres étaient très-sensibles et divisés en cinquièmes de degré. Lorsque leur différence avait atteint une valeur constante θ,

on pouvait la prendre pour mesure de la chaleur gagnée dans l'unité de temps, parce qu'on avait toujours soin de monter l'interrupteur avec la même quantité de mercure et d'alcool. Le nombre d'interruptions par seconde étant toujours le même, on en devait conclure que θ était proportionnelle à la chaleur dégagée dans chaque étincelle isolée. D'autre part les fonctions $\frac{i-b}{i}$, $\frac{i-c}{i}$, $\frac{i-d}{i}$ représentent les fractions du courant interrompu qui disparaissent, et ces pertes représentent évidemment les contre-courants produits par la bobine dans ses trois états; voici quelles sont ces pertes et les chaleurs qui leur correspondent :

État de la bobine.	Pertes ou contre-courants	Excès stationnaire θ	Étincelle.	Chaleur dégagée
Bobine enlevée	0	0	faible	nulle
B. vide à 1 fil sans induction	0.05	2°,5	forte	forte
B. vide à 1 fil avec induction	0.05	0	faible	nulle
B. pleine à 1 fil sans induction . . .	0.30	5°	très-forte	très-forte
B. vide à 2 fils sans induction	0.10	5°	très-forte	très-forte
B. pleine à 2 fils sans induction . .	0.50	5°	très-forte	très-forte

Si on compare la deuxième expérience avec la troisième, on voit que si les contre-courants et par suite les extra-courants disparus sont les mêmes, les chaleurs dégagées peuvent être très-différentes. Dans les trois dernières la chaleur dégagée est la même, et les contre-courants sont très-différents. Il n'y a donc pas proportionnalité entre la chaleur dégagée par l'étincelle et l'intensité du contre-courant, qui est égale à celle de l'extra-courant disparu. Il y a, au contraire, une relation intime entre la chaleur dégagée et la grandeur de l'étincelle, comme le montrent les deux dernières colonnes du tableau.

Pour observer la chaleur dégagée dans le circuit, intercalons-y une spirale en platine, plongeant dans un vase contenant de l'essence de térébenthine. Deux thermomètres placés l'un au centre de la spirale et l'autre en dehors du vase n'indiqueront pas la même température ; lorsque la différence sera devenue constante et égale à θ, elle mesurera à la fois la chaleur perdue par le calorimètre et la chaleur dégagée par le courant dans l'unité de temps. Or, voici quelles sont les valeurs de θ données par l'expérience :

1° Bobine à 2 fils, 4 éléments, 16.7 interruptions par seconde.

A. Courant continu, $\theta = 7.4$

B. Courant interrompu, bobine vide, $\theta = 2.9$

— bobine pleine, $\theta = 0.6$

2° Bobine à 1 fil, 3 éléments, 16.7 interruptions par seconde.

A.	Courant continu,		$\theta = 8.5$
B.	Courant interrompu, bobine vide,	sans induction,	$\theta = 3.8$
B'.	— —	avec induction,	$\theta = 3.5$
D.	— bobine pleine	avec induction,	$\theta = 3.1$
C.	— —	sans induction,	$\theta = 2.4$.

Ces données me paraissent suffisantes pour résoudre la question qui nous occupe. C'est avec la bobine pleine que le contre-courant est le plus fort et que la chaleur dégagée est la plus faible. Comme le contre-courant observé est précisément égal à l'extra-courant disparu, il en faut conclure que cet extra-courant ne s'est pas transformé en chaleur.

Ici se terminent mes recherches personnelles. L'exposition que je viens d'en faire est identique pour le fond à celle que j'ai présentée à la revue des sociétés savantes en 1863. Je regrette de n'avoir pas connu à cette époque le beau Mémoire de M. Helmholtz, cité par M. Cazin. Ce mémoire, qui date déjà de 1851, est inséré dans les Annales de Poggendorff, tome LXXXIII, et analysé dans le Traité si complet du galvanisme de M. Wiedemann, tome II, page 744. Comme la théorie qu'il renferme est capitale dans le sujet qui nous occupe, je vais tâcher de l'exposer sommairement et je la comparerai ensuite avec mes expériences.

§ 9. — Théorie de M. Helmholtz.

M. Helmholtz admet carrément que l'extra-courant de rupture n'a pas d'effet dynamique, c'est-à-dire qu'il est sans effet sur la boussole qui mesure le courant interrompu, et que l'affaiblissement de celui-ci est dû uniquement au contre-courant qui prend naissance au moment de la fermeture du circuit. Considérons ce qui se passe entre deux interruptions consécutives, et comptons le temps x à partir du moment où la pointe de l'interrupteur pénètre dans le mercure; ce temps x variera depuis 0 jusqu'à t, t étant la durée du courant ou le temps pendant lequel la pointe de l'interrupteur, plongeant dans le mercure, ferme le circuit. A chaque instant x le courant aura une intensité variable y, égale à celle du courant principal, diminuée de celle du contre-courant.

Le courant principal produit par n éléments de force électro-motrice E dans une résistance R a pour intensité $\frac{nE}{R}$.

Le contre-courant a une force électro-motrice variable qui, d'après les lois connues de l'induction, est proportionnelle à la dérivée de l'intensité par rapport

au temps; si donc on désigne par q un coefficient constant, cette force électromotrice sera à chaque instant égale à $q\frac{dy}{dx}$, et comme ce courant circule également dans le circuit de résistance R, il aura pour intensité $\frac{q}{R}\frac{dy}{dx}$.

Le courant résultant qui agit sur la boussole est donc:

$$y = \frac{nE - q\frac{dy}{dr}}{R}.$$

Une première intégration fait connaître la valeur de y, qui est, en désignant par e la base des logarithmes népériens:

$$y = \frac{nE}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{q}r}\right).$$

Et comme $\frac{nE}{R}$ représente le courant continu que nous avons appelé A, nous écrirons:

$$y = A\left(1 - e^{-\frac{R}{q}x}\right).$$

y étant l'intensité à l'instant x, ydx sera la quantité d'électricité transportée dans un temps infiniment petit, et une nouvelle intégration donnera celle qui est transportée pendant toute la durée t du courant:

$$\int_0^t ydx = A\left[t - \frac{q}{R}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q}}\right)\right].$$

Cette expression se compose de deux parties. La première At représente la quantité d'électricité transportée par le courant principal, et la seconde $-\frac{Aq}{R}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q}}\right)$ celle qui est mise en mouvement par le contre-courant. Celle-ci se réduit à $-\frac{Aq}{R}$, quand l'exponentielle est nulle. Que signifie cette condition analytique? Elle signifie que le temps t est assez grand pour que la quantité d'électricité transportée par le contre-courant soit arrivée à une valeur constante, ou pour que le contre-courant ait eu le temps de s'établir complétement, de naître et de mourir. Ainsi donc, dire que l'exponentielle est nulle, c'est dire que la durée du courant interrompu est plus grande que celle du contre-courant qui s'établit au moment de la fermeture du circuit. Quand cette condition est remplie, le contre-courant est total et égal à $-\frac{Aq}{R}$; il a donc une force électro-motrice Aq, proportionnelle à l'intensité A du courant principal. Telle est la loi d'Edlung, et l'on voit comment elle se déduit de la théorie générale de l'induction.

Si le courant est interrompu p fois par seconde, la quantité d'électricité qui circulera dans chaque seconde sera égale à p fois celle qui correspond à chaque interruption, et nous aurons pour l'intensité du courant, mesurée au moyen de la boussole des tangentes ou du voltamètre :

$$p\int_o^t ydx = Ap\left[t - \frac{q}{R}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q}}\right)\right].$$

La résistance R m'ayant paru trop difficile à déterminer, je l'ai éliminée ; nous la remplacerons donc par sa valeur $\frac{nE}{A}$ et nous aurons, pour exprimer nos divers courants, les formules suivantes :

Courant continu : $A = \frac{nE}{R}$

Courant interrompu sans bobine ou sans contre-courant, $q = 0$:

$$I = ptA$$

Courant interrompu dans la bobine vide, q est petit :

$$B = I - \frac{A^2pq}{nE}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q}}\right).$$

Courant interrompu dans la bobine pleine, q' étant un coefficient $> q$:

$$C = I - \frac{A^2pq'}{nE}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q'}}\right).$$

Les trois dernières équations donnent par soustraction :

$$\frac{n(I-B)}{pA^2} = \frac{q}{E}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q}}\right).$$

$$\frac{n(I-C)}{pA^2} = \frac{q'}{E}\left(1 - e^{-\frac{Rt}{q'}}\right).$$

Il faut maintenant distinguer deux cas :

1[er] cas. — *Le contre-courant a le temps de s'établir complétement*, ou, ce qui revient au même, le temps t est assez grand pour que les exponentielles soient nulles.

On a alors simplement :

$$\frac{n(I-B)}{pA^2} = \frac{q}{E} = \text{constante},$$

$$\frac{n(B-C)}{pA^2} = \frac{q'-q}{E} = \text{constante}.$$

La première condition est à peu près satisfaite par nos expériences sur la bobine vide, qui malheureusement sont les moins précises. Mais la seconde ne se vérifie pas pour la bobine pleine, car nous avons trouvé que ce n'est pas $\frac{n(B-C)}{pA^2}$ qui est constant, mais $\frac{n(B-C)}{pAC}$. Il en faut conclure que pendant un trentième de seconde que duraient habituellement nos courants interrompus, le contre-courant avait le temps de s'établir complétement lorsque la bobine était vide, et ne l'avait plus lorsque la bobine était pleine. Cette différence n'a rien qui doive nous surprendre; car l'exponentielle $e^{-\frac{Rt}{q}}$ est d'autant plus petite que q est plus petit, et comme ce coefficient est plus grand dans le second cas que dans le premier, on voit que, pour une même durée du courant interrompu, cette exponentielle peut prendre une valeur qui est négligeable si la bobine est vide, et qui ne l'est plus quand la bobine est pourvue de son noyau.

2e cas. — *Le contre-courant n'a pas le temps de s'établir*, ou, ce qui revient au même, le temps t n'est pas assez grand pour que les exponentielles soient nulles. On est alors obligé d'employer les équations générales, dans lesquelles on peut remarquer cependant que d'après ce qui précède $e^{-\frac{Rt}{q}}$ est nul pour la bobine vide, de sorte qu'on trouve pour la bobine pleine:

$$\frac{n(B-C)}{pA^2} = \frac{q'-q}{E} - \frac{q'}{E} e^{-\frac{Rt}{q'}}$$

L'expérience prouve que le premier membre n'est pas constant, et la formule nous indique dans quel sens il doit varier. Si nous mettons en évidence les diverses quantités qui entrent dans R, les résistances ρ, s et r des éléments de la pile, des conducteurs et du Rhéostat, nous trouverons:

$$\frac{n(B-C)}{pA^2} = \frac{q'-q}{E} - \frac{q'}{E} e^{-\frac{(n\rho+s+r)t}{q'}}$$

L'exponentielle décroît à mesure que n et r augmentent; donc la fonction $\frac{n(B-C)}{pA^2}$ doit croître avec n et r. C'est précisément ce que l'expérience confirme. Voici, en effet, pour une même valeur de p quelles ont été les valeurs de $\frac{n(B-C)}{A^2}$ dans les expériences rapportées § 4.

Valeurs de $n\frac{(B-C)}{A^2}$ *pour* $p = 16.7$.

n	$r=0$	$r=3$	$r=6$	$r=10$	$r=15$	$r=22$	$r=45$
2	0.322	0.378	0.432	0.482	0.532	»	»
3	0.363	0.423	0.456	0.531	0.558	0.573	0.651
4	0.400	0.468	0.500	0.548	0.584	0.608	0.668
5	0.420	0.475	0.525	0.570	0.600	0.620	0.680
6	0.527	0.510	0.543	0.591	0.623	0.644	0.685

Ainsi donc, si $\frac{n(B-C)}{pA^2}$ n'est pas constant dans mes expériences, cette fonction varie conformément à la théorie de Helmholtz. Il en est de même de la fonction $\frac{n(I-C)}{pA^2}$, comme le montrent les expériences dans lesquelles j'ai mesuré directement I.

C'est cependant cette fonction que M. Cazin a trouvée constante, si on en juge seulement par les expériences rapportées dans son premier mémoire (*Comptes rendus de l'Académie du 26 septembre 1864*). Voici, en effet, les nombres qu'on en déduit (le courant 1 dégage 1^cc d'hydrogène par minute) :

A	$B = \frac{nE}{A}$	$i = \frac{I}{A}$	$c = \frac{C}{A}$	p	$t = \frac{t}{p}$	$\frac{n(I-C)E}{pA^2}$
cc 4.54	140	0.554	0.471	5.85	0'',095	1.984
4.46	57	0.715	0.410	8.70	0'',082	2.000
4.60	57	0.650	0.423	6.40	0'',101	2.028
4.37	139	0.700	0.567	9.30	0'',075	1.961
2.56	237	0.684	0.607	9.30	0'',073	1.961

Mais ce tableau montre immédiatement que les expériences de M. Cazin et les miennes ont été faites dans des conditions toutes différentes.

1° Dans les premières le courant interrompu i a varié de 0.55 à 0.70; dans les miennes il était en général de 0.56.

2° Dans les premières le nombre p d'interruptions par seconde était petit, il a varié de 5.8 à 9.3; chez moi il était le plus souvent de 16.7.

3° La durée t du courant interrompu était plus grande chez M. Cazin; elle a varié de 7 à 10 centièmes de seconde, tandis que dans mes expériences elle était en général de 3 centièmes de seconde seulement.

4° L'effet de la bobine à noyau était moindre : $\frac{C}{A}$ a varié de 0.4 à 0.6, tandis que chez moi ce rapport a toujours été inférieur à 0.4 et pour les petites résistances il tombait au-dessous de 0.2.

Il paraît donc que M. Cazin, guidé par la formule de Helmholtz, a cherché à se placer dans le cas le plus simple prévu par la théorie, tandis que moi, qui n'avais pas de guide, je suis tombé sur le cas le plus compliqué. En étudiant le même sujet nous sommes arrivés à des résultats très-différents. Nos expériences auront chacune leur utilité propre; celles de M. Cazin prouvent que la formule de Helmholtz permet de calculer les courants interrompus toutes les fois que le contre-courant a le temps de s'établir, et les miennes font voir que, si cette condition n'est pas remplie, la même formule ne peut plus qu'indiquer d'une manière générale les variations de ces courants.

III.

Sur un nouveau voltamètre.

Quand on prend pour unité le courant capable d'extraire de l'eau 1 milligramme d'hydrogène par minute, on suppose implicitement que tous les courants seront mesurés avec le voltamètre ou avec des instruments qui lui sont comparés. Le voltamètre est donc l'appareil type pour la mesure des courants. Malheureusement il a de nombreux défauts : il est peu précis, parce que le volume d'hydrogène varie avec la manière dont la cloche qui le recueille est placée sur l'électrode négative, et il est peu commode parce que, après chaque mesure, il faut de nouveau remplir la cloche de liquide et par suite plonger ses doigts dans l'eau acidulée. Ces deux défauts n'existent plus dans le voltamètre que j'ai décrit à la page 18 de mes précédents opuscules de physique; mais cet appareil était d'une construction difficile, et lorsqu'il s'est trouvé cassé par accident, je l'ai remplacé par un autre plus simple, dont l'idée première m'a été suggérée par M. Feltz, mon ancien préparateur. La forme actuelle, résultat de nombreux tâtonnements, me paraît laisser peu de chose à désirer.

La partie caractéristique du nouvel instrument, fig. 5, est une cloche divisée terminée par un tube capillaire surmonté d'une ampoule. A cette ampoule est soudé un tube ordinaire de chimie T, qui se recourbe pour venir s'appuyer sur la planchette du support S, où il est maintenu par une pièce à charnière fermée en R. Il s'introduit dans un tube de caoutchouc, qui peut être à volonté ouvert ou fermé au moyen d'une de ces pinces à ressort K, si connues maintenant dans les laboratoires allemands sous le nom de *Quetschhahn*. Cette pince se glisse à poste fixe dans une ouverture rectangulaire pratiquée dans la planchette qui supporte le tube. Si la

cloche plonge dans l'eau par sa partie inférieure, et qu'on aspire avec la bouche par l'extrémité du tube de caoutchouc, en pressant avec les doigts sur les deux boutons de la pince *K*, on remplira facilement cette cloche de liquide jusqu'au milieu de l'ampoule qui la surmonte. En abandonnant les boutons de la pince, le tube de caoutchouc se trouvera fermé et la cloche restera pleine de liquide. Si alors on dégage à sa partie inférieure un gaz quelconque, on voit le liquide baisser dans la cloche, mais le tube capillaire reste plein, et le volume du gaz est délimité comme si la cloche était hermétiquement fermée. Le niveau extérieur étant en *A*, si le liquide est en *B* dans la cloche, en *C* dans le tube capillaire et en *D* dans l'ampoule, il y aura sur le niveau *D* une pression égale à la pression extérieure diminuée de *AD*, et sur le ménisque *C* une pression égale à la pression extérieure diminuée de *AB*. La goutte *CD* sera donc poussée de bas en haut par une pression due à la colonne *BD* qui mesure la différence des niveaux dans l'ampoule et dans la cloche. Cette goutte résiste à la pression du gaz, en vertu de son propre poids qui est peu de chose, car il est mesuré par *CD*, en vertu de l'action du ménisque *C* qui est une force plus considérable, et en vertu aussi du frottement qui est peut-être plus considérable encore. Bref, grâce à ce tube capillaire qui la termine, la cloche jouit de deux propriétés précieuses: quand le tube de caoutchouc est ouvert, elle est ouverte aussi et peut se remplir de liquide par aspiration; quand le tube de caoutchouc est fermé, s'il y a du liquide dans le tube capillaire, la cloche est fermée comme si le verre était fondu à sa partie supérieure. Si quelques bulles de gaz passent dans l'ampoule, c'est que le tube capillaire n'est pas assez étroit; l'introduction d'un fil de platine dans ce tube suffit pour lui rendre l'ouverture convenable.

Quand la cloche sera pleine de gaz, une nouvelle aspiration la remplira de liquide et permettra de faire une nouvelle expérience. Il est vrai que cette aspiration amènera dans la bouche de l'opérateur le gaz de la cloche; mais comme ce gaz doit être de l'hydrogène pur, et que d'ailleurs on ne l'introduit pas dans les poumons, il n'en résulte aucun inconvénient. La cloche est entourée d'un manchon plein d'eau destinée à refroidir le gaz ou au moins à prendre sa température au moyen du thermomètre *t*.

La cloche avec son manchon forme la partie supérieure du voltamètre: elle se place sur le couvercle du vase *V* qui contient l'eau que le courant doit décomposer. Ce vase n'est autre chose que la partie supérieure d'un flacon à large goulot, qui a été coupé en deux. Le goulot a été fermé par un bouchon, à travers lequel on a fait passer deux fils de platine: une épaisse couche de mastic, coulé intérieurement, par-dessus le bouchon, les isole complétement l'un de l'autre. A sa partie supérieure

le vase est fermé par un couvercle métallique percé de deux trous, l'un gros pour laisser passer la cloche, et l'autre plus petit *e* pour laisser dégager l'oxygène.

Le vase *V* repose sur le tablier d'une sorte de pont en bois, qui est percé d'une ouverture destinée à laisser passer le goulot et les fils de platine *o* et *h*. Ces fils descendent dans deux trous ou godets *O* et *H* creusés sous l'arche du pont dans la planche qui supporte tout l'appareil.

Jusqu'ici la figure 5 représente exactement le voltamètre en coupe verticale: mais à partir de ce moment il faut que l'imagination du lecteur supplée à l'imperfection du dessin. Les pièces qui nous restent à décrire sont représentées dans un même plan vertical et sur des horizontales différentes. C'est précisément l'inverse qui a lieu; ces pièces sont dans un même plan horizontal et sur des verticales différentes. Tout l'appareil est supporté par un bloc en bois carré de 15 centimètres de côté: les godets *O* et *H* sont à 4 centimètres du côté postérieur; sur le devant à 10 centimètres des premiers sont creusés deux autres godets *G* et *G'*, et sur le côté droit sont implantées deux bornes à une seule vis de pression *P* et *N*. On attache le pôle positif de la pile à la borne *P* qui communique par une lame métallique au godet *O*: le pôle négatif s'attache à la borne *N* qui communique par une lame métallique au godet *G*, et enfin une troisième lame métallique fait communiquer les deux godets *H* et *G'*. Un interrupteur *I* formé d'une lame métallique recourbée à ses extrémités, et portant un bouton, permet d'établir ou de rompre à un moment donné la communication entre les godets *G* et *G'*.

Pour monter le voltamètre, on ouvre la charnière qui maintient le tube *T*, et on enlève avec le manchon toute la partie supérieure de l'appareil; on enlève ensuite le vase *V* avec son couvercle, puis on remplit de mercure les quatre godets *O*, *H*, *G* et *G'*. Cela fait, on remet le vase *V* en place, en le tournant de manière à faire tomber les fils de platine dans les godets *O* et *H*, et on y verse de l'eau acidulée jusqu'à ce que la partie supérieure des fils soit recouverte. On ferme le vase avec son couvercle, en le tournant de manière que l'ouverture de la cloche se trouve au-dessus du fil *h*. On remplit alors le manchon d'eau distillée, et on le met en place en introduisant la cloche par la grande ouverture du couvercle: elle recouvre alors le fil *h*, en descendant à un millimètre du fond mastiqué, retenue qu'elle est sur le couvercle par le rebord du manchon. En faisant cette opération, la pince *K* s'est trouvée placée dans la fente destinée à la recevoir, et le tube *T* est tout naturellement disposé pour être maintenu au moyen de la charnière *R*. Le voltamètre est alors prêt pour une série indéfinie d'expériences.

Pour mesurer un courant au moyen de ce voltamètre, on procède de la manière suivante. Après avoir enlevé l'interrupteur *I*, on attache le pôle positif de la pile

en P, le pôle négatif en N, et on remplit la cloche d'eau acidulée jusqu'en D, en aspirant par le tube de caoutchouc, et abandonnant ensuite la pince K à sa propre élasticité qui produit une fermeture hermétique du tube. Cela fait, si, tenant à la main gauche un compteur à secondes, et à la main droite l'interrupteur I, on laisse tomber cet interrupteur dans les godets G et G', juste au moment où l'on pointe sur le compteur, on aura l'époque précise du commencement du courant. L'oxygène s'échappera par l'ouverture e, et l'hydrogène se dégagera dans la cloche, dont le niveau baissera progressivement jusque dans le voisinage de la division inférieure marquée 80 (ou 8 centimètres cubes). Quand il sera arrivé dans le voisinage de cette division, on pointera sur le compteur en même temps qu'on enlèvera l'interrupteur I, et l'expérience sera terminée.

Le compteur fait connaître en secondes le temps t pendant lequel le gaz s'est dégagé, la lecture de la cloche donne son volume U en dixièmes de centimètre cube, le thermomètre fait connaître sa température θ; en retranchant de la pression atmosphérique celle de la colonne liquide soulevée, évaluée en mercure, on a sa pression H, et alors si on désigne par f la tension de la vapeur d'eau, on a pour le volume d'hydrogène normal que le courant dégagerait dans une minute :

$$V^{cc} = 6\frac{U}{t}\cdot\frac{H-f}{760}\cdot\frac{1}{1+\alpha\theta}.$$

La plus grande incertitude porte sur f. Quoique l'eau employée soit fort peu acidulée, il n'est pas évident que sa vapeur ait la même tension que celle de l'eau pure, et j'ai cherché à éclaircir ce point par l'expérience.

Ayant placé l'une à côté de l'autre sur le mercure, deux cloches divisées n° 1 et n° 2, j'y ai introduit deux volumes d'hydrogène sec, tels que le niveau du mercure fût le même dans les deux cloches; le rapport des poids des deux gaz était alors le même que celui de leurs volumes qui se mesuraient facilement, ce rapport a été trouvé $r = 1.1275$. J'ai ensuite introduit quelques centimètres cubes d'eau distillée dans la cloche n° 1, et quelques centimètres cubes de l'eau acidulée de mon voltamètre dans la cloche n° 2; puis ayant entouré les deux cloches d'un grand manchon plein d'eau, dont je faisais varier la température, je mesurais les volumes V et V' et les pressions H et H' de mes deux gaz à une température donnée. En appelant f et f' les tensions de la vapeur émise par l'eau pure et par l'eau acidulée, j'avais par conséquent :

$$r = \frac{V'}{V}\cdot\frac{H'-f'}{H-f}$$

équation d'où je déduisais f' connaissant f.

Je me suis bientôt aperçu que mon procédé manquait de précision. Néanmoins

il m'a permis de constater que f' est toujours très-peu inférieur à f. La faiblesse de ces différences m'a fait penser à essayer ici l'application de la loi de Dalton; j'ai donc dû déterminer la température d'ébullition de l'eau acidulée.

J'ai fait bouillir à feu nu dans un ballon en verre de Bohême d'abord de l'eau distillée, puis ensuite de l'eau acidulée au 10e, et j'ai trouvé :

Température de la vapeur d'eau dans les deux cas . . . . . . 100°
Température de l'eau distillée. . . . . 100°
Température de l'eau acidulée . . . . 103°

Cette différence de 3° me paraissant exagérée, j'ai recommencé l'expérience en plaçant le ballon dans un bain de sable, pour soustraire le thermomètre au rayonnement de la flamme du foyer, et j'ai alors obtenu :

Température de l'ébullition de l'eau acidulée. . . . . 105°.
Température de l'ébullition de l'eau distillée. . . . . 104°.

Je n'ai pas besoin de dire que dans l'intervalle de la première expérience à la seconde, le ballon avait été soigneusement lavé à l'eau distillée. Ainsi on peut affirmer qu'un ballon dans lequel a bouilli de l'eau acidulée au 10e, a acquis la propriété de retarder de plusieurs degrés l'ébullition de l'eau pure. Le fait était connu pour l'acide sulfurique, et probablement pour les dissolutions concentrées de cet acide, mais je ne m'attendais pas à l'observer avec une dissolution aussi étendue que celle que j'employais. Je me propose de l'étudier plus tard attentivement.

Mais il est clair, d'après cela, que les ballons de verre doivent être rejetés, quand il s'agit de déterminer la température d'ébullition des liquides. J'ai donc employé un creuset de platine chauffé dans un bain de sable, et j'ai trouvé que l'eau y entrait en ébullition à 100°, et l'eau acidulée à 101°,5. Il est vrai que cette seconde température montait lentement, mais on devait attribuer cette élévation progressive à la concentration de la liqueur par l'évaporation.

Ainsi donc la différence des températures d'ébullition de l'eau acidulée et de l'eau pure est de 1°,5. Il en faut conclure d'après la loi de Dalton que l'eau acidulée émet à la température $\theta°$ des vapeurs dont la tension est la même que celle de la vapeur d'eau à $\theta° - 1°,5$. Ce résultat s'accorde assez bien avec mes expériences sans que cependant je puisse affirmer qu'elles le confirment complétement, parce qu'elles ne sont pas assez précises.

Revenons à notre voltamètre. Nous avons dû chercher quelle était la tension de la vapeur d'eau mêlée à l'hydrogène à $\theta°$, et nous avons trouvé qu'elle était la même que celle de l'eau pure à $\theta° - 1°,5$. La différence n'est pas considérable, elle est de $1^{m},6$ à 20° et $2^{m},8$ à 30°, ce sont les températures extrêmes que j'ai ob-

servées. Il en résulte sur le volume calculé une erreur qui est au maximum de $\frac{2,8}{H-f}$. Comme $H - f$ est en moyenne de 640, cette erreur est de $\frac{7}{1600}$ du volume mesuré qui est d'à peu près 80 divisions; elle s'élève donc encore à plus d'un tiers de division, et par conséquent elle n'est pas négligeable.

Pour montrer quel est le degré de précision qu'on peut espérer d'atteindre dans les expériences faites avec le voltamètre, je rapporterai celles qui m'ont servi à déterminer le coefficient de ma boussole des tangentes. U est le volume de l'hydrogène mesuré en divisions de la cloche, qui valent des dixièmes de centimètre cube, de sorte que le volume qu'on en aurait recueilli par minute serait en centimètres cubes $\frac{6\,U}{t}$. Je désigne par h la colonne d'eau soulevée dans la cloche évaluée en mercure, par f la tension de la vapeur d'eau à la température $\theta - 1°,5$. La pression $H - f$, supportée par le gaz, s'obtiendra en retranchant h et f de la hauteur barométrique réduite à zéro. Si le courant traverse à la fois le voltamètre et la boussole des tangentes, orientée à 45° du méridien magnétique, comme je l'ai expliqué dans le chapitre précédent, on aura, en désignant par α la déviation de la boussole :

$$6 \cdot \frac{U}{t} \cdot \frac{H-f}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha\theta} = M\,(1 + \tang \alpha),$$

et de cette équation on déduira M.

Comparaison du voltamètre et de la boussole des tangentes.

Déviation α	Volume U''	Durée t''	Température θ	Corrections h	f	Pression $H-f$	Coefficient M
— 18.9	82.1	135.0	23.1	2.6	19.2	722.6	4.853
— 18.8	81.5	134.0	23.1	2.7	19.2	2.5	
— 17	82.5	130.0	23.2	2.5	19.3	2.6	4.836
— 16.8	81.7	126.3	23.2	2.6	19.3	2.5	
— 8.9	82.0	105.0	22.8	2.6	18.8	3.0	4.870
— 8.8	83.0	106.5	22.9	2.5	18.9	3.0	
— 2.8	82.1	93.6	23.2	2.6	19.3	2.5	4.818
— 1.8	82.0	92.8	23.2	2.6	19.3	2.5	
— 1.2	81.8	90.5	22.4	2.6	18.4	3.4	4.879
+ 0.2	80.9	87.0	22.6	2.7	18.6	3.1	
+ 4.6	81.8	77.5	21.9	2.6	17.8	4.0	
5	81.5	81.2	22	2.7	17.9	3.8	4.822
5.2	81.3	80.5	22.2	2.7	18.2	3.5	
12.2	83.3	74.6	23.2	2.4	19.3	2.7	4.844
12.2	81.8	73.2	23.3	2.6	19.4	2.4	
13.8	80.8	70.8	21.1	2.5	17.0	4.9	4.886
14.2	81.7	70.5	21.4	2.6	17.3	4.5	
20.5	82.6	66.7	20.5	2.5	16.3	5.6	4.866
21.0	82.0	64.0	20.8	2.6	16.6	5.2	

Déviation α	Volume U''	Durée t''	Température θ	Corrections h	f	Pression $H-f$	Coefficient M
23.5	84.2	63.0	23.3	2.3	19.4	2.7	4.879
21.8	80.2	59.2	23.5	2.8	19.7	1.9	
28.4	82.3	56.5	25.1	2.6	21.7	0.1	4.938
28.5	83.1	57.0	24.8	2.5	21.3	0.6	
29.9	80.7	54.9	23.6	2.7	19.8	1.9	4.930
29.9	82.7	55.5	23.8	2.5	20.0	1.9	
41.8	82.5	46.3	24.4	2.5	20.8	1.1	4.907
41.9	82.5	46.4	24.7	2.5	21.1	0.8	
47.2	82.0	42.0	24.4	2.5	20.8	1.0	4.904
48.0	82.2	41.5	24.7	2.5	21.1	720.7	
						Moyenne	4.874

Le coefficient M paraît augmenter avec l'intensité du courant, et on ne fait pas disparaître ces variations en corrigeant les indications de la boussole. Comme ces variations sont petites, nous adopterons la valeur moyenne

$$M = 4.874.$$

Quand la boussole est à zéro, ce coefficient est 4.854; et quand elle marque 45°, il devient 4.904. Ses erreurs extrêmes sont donc de 2 ou 3 unités sur le chiffre des centièmes, c'est-à-dire que le coefficient M est exact au moins à $^1/_{200}$ près.

M exprime, en centimètres cubes, le volume d'hydrogène normal que dégage le courant lorsque la boussole est à zéro. Si on veut avoir le poids de cet hydrogène, il faut le multiplier par le poids du centimètre cube qui est de 0.0896 milligr., ce qui donne:

$$m = 0.437.$$

Ceci est maintenant le vrai coefficient de la boussole, c'est-à-dire le nombre par lequel il faut multiplier $1 + \tang \alpha$, pour avoir en milligrammes le poids d'hydrogène que dégagerait le courant par minute, nombre qui exprime l'intensité du courant.

IV.

Propriétés optiques de la glace.

Historique. — J'ai publié dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome LXIX), un article sur le microscope polarisant de Norremberg, et je le terminais par la note suivante:

« Il y a déjà plusieurs années que, ayant eu l'idée d'observer, dans une pince à tourmalines une lame de glace prise à la surface de l'eau, j'ai parfaitement distingué

des anneaux traversés par une croix noire, ce qui prouve que la glace qui se dépose sur nos rivières pendant l'hiver, est le produit d'une cristallisation régulière, et que les cristaux qui la composent ont tous leurs axes perpendiculaires à la surface de l'eau. Avec la pince à tourmalines, le phénomène n'a rien de remarquable comme aspect; mais avec le microscope polarisant il est d'une grande beauté. Il suffit, pour obtenir les anneaux, de placer sous le microscope une lame de glace d'à peu près un centimètre d'épaisseur, soit qu'on l'ait prise à la surface d'une rivière gelée, soit qu'on l'ait sciée dans un glaçon, parallèlement à la surface de l'eau sur laquelle cette glace s'est déposée. On aperçoit alors dans le microscope de magnifiques anneaux colorés, traversés par une croix noire: ces anneaux s'élargissent de plus en plus, à mesure que la glace, en fondant, devient moins épaisse, et ils subsistent jusqu'à la fusion de la dernière couche de glace. L'application du verre rouge et bleu sur l'oculaire montre que le troisième anneau rouge correspond au quatrième anneau bleu. Le mica d'un quart d'onde produit deux taches noires placées sur une ligne perpendiculaire à l'axe du mica, ce qui prouve que la glace est un cristal positif. Enfin en observant à la lampe monochromatique une lame taillée perpendiculairement à la surface de l'eau, on aperçoit des hyperboles comme avec un quartz ou un gypse parallèle à l'axe. Les franges de la glace peuvent être citées parmi les plus belles que nous offrent les cristaux à un axe: leur observation est si facile que je ne serais pas étonné qu'elle eût déjà été faite; mais nos traités de physique et de minéralogie ne m'en ont offert aucune trace. Si ce phénomène n'est pas nouveau, il mérite au moins d'être rappelé à l'attention des expérimentateurs.»

Il est évident que, lorsque je publiai cette note, je regardais comme nouvelle l'observation qu'elle contient. Je savais pourtant que la glace était rangée parmi les cristaux rhomboédriques positifs; mais je croyais que ce double caractère n'avait pu être déterminé que sur les gros cristaux qu'on observe quelquefois accidentellement. Les traités de physique et de minéralogie, même les plus complets, n'entrent dans aucun détail sur ce sujet. Les livres spéciaux ne sont pas plus explicites: le traité d'optique d'Herschell ne parle pas de la glace; celui de Brewster se contente de la classer parmi les cristaux positifs appartenant au système du prisme droit à base carrée; le volumineux répertoire d'optique de l'abbé Moigno est silencieux sur cet article; enfin dans son grand mémoire sur les halos, Bravais mesure avec soin l'indice de réfraction de la glace, mais ne se préoccupe pas de sa double réfraction.

Je n'ai trouvé dans les *Annales de chimie et de physique* qu'un seul article sur le sujet qui nous occupe (2e série, tome XXI, page 156, 1822). J'y ai appris qu'en 1805, M. Héricart de Thury a trouvé dans la glacière de Fondeurle, en Dauphiné,

une quantité considérable de cristaux de glace, ayant la forme de prismes hexaèdres ou triangulaires, et atteignant quelquefois 5 millimètres de diamètre. J'y ai vu également, qu'en 1821, le docteur Clarke a observé, sous un pont de bois à Cambridge, des cristaux de glace ayant plus d'un pouce de longueur, qu'il a pu les mesurer au goniomètre, et qu'il a constaté que c'étaient des prismes rhomboïdaux parfaits, dont l'angle obtus était de 120°. Il m'était donc démontré que la glace pouvait, dans des circonstances favorables, se présenter en cristaux assez volumineux pour se prêter facilement à des recherches optiques, et je continuai à croire que c'était sur ces cristaux qu'on avait étudié ses propriétés.

Un mémoire inséré dans les *Annales de Poggendorff* (tome LV, page 472, 1842) me confirma dans cette opinion. Ce mémoire est intitulé: *Forme cristalline et propriétés optiques de la glace.* L'auteur, M. Schmid, professeur agrégé à l'université d'Iéna, rapporte qu'en 1841, par un dégel très-lent, il a vu de gros glaçons se décomposer en prismes rhomboïdaux, normalement à la face qui était horizontale, quand le glaçon flottait sur l'eau. On apercevait sur les bases de ces prismes, parallèlement aux faces latérales, des stries déjà observées sur les cristaux de Fondeurle; les faces latérales elles-mêmes étaient rugueuses, ce qui ne permettait pas de mesurer exactement leurs angles; on pouvait cependant affirmer qu'ils étaient compris, l'un entre 105 et 115, et l'autre entre 65 et 75 degrés. Ces prismes avaient une cassure lisse et conchoïde, parallèle à la face horizontale du glaçon. Ils appartenaient donc au système rhombique; mais leur double réfraction uni-axe doit les faire considérer comme formés par la superposition de cristaux rhomboédriques, dont l'axe serait normal à l'arête de l'angle obtus des prismes. En effet, si l'on polit les faces latérales de ces prismes, et si on les place dans un appareil de polarisation, de manière que l'axe du faisceau lumineux soit dans le plan des arêtes obtuses et perpendiculaire à ces arêtes, on aperçoit des anneaux colorés concentriques traversés par une croix noire. D'autre part, en donnant au prisme de glace une position telle, que la face latérale polie soit normale au rayon polarisé, on voit apparaître de larges bandes colorées, qui, sur les bords du champ, s'étalent en gerbes. Dans le premier cas, les rayons polarisés traversent le cristal suivant son axe optique; dans le second cas, ils lui sont obliques. L'étude des anneaux dans la polarisation circulaire prouve que la double réfraction est positive.

Ainsi voilà les anneaux observés, mais les voilà observés dans des cristaux de glace; et, chose singulière, cette observation prouve que si les prismes dont se compose un glaçon sont perpendiculaires à sa surface, l'axe optique de ces prismes est perpendiculaire à l'arête obtuse des faces verticales, et par conséquent parallèle à la surface de l'eau.

De ce que la glace avait été vue cristallisée, et de ce qu'on avait observé des anneaux dans des cristaux de glace, fallait-il conclure qu'on les verrait encore dans la glace, en apparence amorphe, que chaque hiver nous ramène? fallait-il en conclure surtout qu'un glaçon est un grand cristal dont l'axe est perpendiculaire à la surface de l'eau sur laquelle il s'est formé? Non, évidemment; et lorsque, après avoir montré, pendant plusieurs années, les anneaux de la glace à des personnes versées dans l'optique minéralogique, lorsque, après en avoir parlé à tous ceux que je croyais pouvoir m'éclairer, je me décidai à publier mon observation, je pouvais croire qu'elle m'appartenait.

Telle fut aussi, sans doute, l'opinion du savant rédacteur des *Mondes*, lorsqu'il inséra spontanément ma note dans son journal; mais cette publication amena immédiatement des réclamations. On commença d'abord par dire que mon observation se trouvait indiquée partout, ce qui n'était pas sérieux. Puis le père Secchi annonça qu'il l'avait faite depuis longtemps, et sans l'intervention d'aucun appareil, le ciel bleu lui servant de polariseur, et la surface réfléchissante de l'eau, d'analyseur. Enfin, sir David Brewster écrivit d'Édimbourg pour réclamer à la fois mon expérience et celle du père Secchi, affirmant qu'il les avait faites toutes deux en 1813, et publiées dans les *Philosophical Transactions* de la même année. Cette réclamation de l'illustre doyen des physiciens m'inspira de vifs regrets d'avoir involontairement attenté à ses droits, et je m'empressai de lui rendre son bien dans une rectification adressée aux *Annales de chimie et de physique.* Les recherches nouvelles que cette discussion me porta à faire, m'amenèrent à reconnaître qu'avec un peu plus d'attention j'aurais pu éviter l'erreur dans laquelle j'étais tombé; car je m'aperçus qu'en 1834 les *Annales de Poggendorff* avaient publié une petite note qui constatait la découverte de M. Brewster. Cette note m'avait échappé d'abord, peut-être à cause de son titre qui ne m'intéressait plus, après ce que j'avais déjà lu sur ce sujet; elle est intitulée: *Forme cristalline de la glace;* mais elle traite surtout de ses propriétés optiques. (*Annales de Poggendorff*, tome XXXII, page 399.)

Cette discussion eut pour moi un autre résultat; elle ramena mon attention sur les propriétés optiques de la glace, et je profitai des grands froids de l'hiver de 1864, pour essayer d'ajouter quelques faits nouveaux à celui que M. Brewster avait découvert. La glace qui se forme à la surface de nos rivières, a son axe optique vertical; mais en est-il toujours ainsi? En outre, on connaît l'indice de réfraction ordinaire de la glace; mais quel peut-être son indice extraordinaire? Telles sont les deux questions que je me suis proposé de résoudre.

Direction de l'axe optique de la glace dans tous les cas. — Dans les stalactites de

glace qui pendent en hiver aux déversoirs de nos pompes, la cristallisation est confuse, les cristaux sont dirigés dans tous les sens, comme on pouvait le prévoir.

Les arborescences que la gelée dépose contre les vitres des appartements, paraissent au premier abord plus régulières. Pendant le froid elles sont opaques, et les recherches optiques ne peuvent rien nous apprendre sur leur constitution; mais quand le dégel arrive, elles deviennent transparentes, et on peut les observer dans la lumière polarisée. On voit alors la couche de glace se parer de mille couleurs, et on en conclut qu'elle est encore formée de cristaux enchevêtrés dans tous les sens, dont les axes ne sont pas en général perpendiculaires à la surface de la vitre, contre laquelle les cristaux se sont formés.

Cette observation ayant trompé mon attente, je résolus d'étudier la glace au moment même où elle se produit, et je passai dans ce but plusieurs journées en plein air, ayant autour de moi des vases pleins d'eau qui gelait. Voici ce que j'ai observé:

Au commencement, on voit partir de certains points des parois du vase des dentrites de glace, qui tantôt s'étendent à la surface de l'eau, tantôt pénètrent obliquement dans le liquide, tantôt enfin descendent contre les parois. Au bout de quelque temps on peut enlever à la surface de l'eau une mince couche de glace encore presque sans consistance, et cette couche transportée dans l'appareil de polarisation y apparaît comme une mosaïque colorée, ce qui prouve qu'elle est formée de cristaux enchevêtrés dont les axes sont en général parallèles ou obliques à la surface de l'eau. On pourra m'objecter qu'en transportant cette mince couche de glace, j'ai dérangé l'orientation de ses cristaux élémentaires, mais j'ai prévu cette objection. Rien n'est plus facile que d'observer ces cristaux sur place, en faisant geler l'eau dans un vase à fond transparent placé dans l'appareil de polarisation, et l'on voit alors que la couche de glace offre le même aspect que précédemment. Ainsi quand la glace se forme dans un vase, elle est d'abord composée de cristaux dont les axes sont dirigés dans tous les sens; c'est là le commencement du phénomène.

Attendons encore quelque temps, et nous aurons une couche de glace épaisse de quelques millimètres. Si nous prenons une portion de cette glace près des bords du vase, la cristallisation y est encore confuse, mais au centre elle est parfaitement régulière. Dans la partie centrale l'appareil de polarisation à lumière parallèle ne donne plus de couleurs, tandis que le microscope polarisant y fait voir des anneaux très-nets, et par conséquent tous les cristaux sont devenus parallèles et ont leurs axes verticaux.

Les axes sont verticaux quand la glace se forme horizontalement: en sera-t-il

encore de même quand elle se formera dans d'autres conditions? Pour le savoir, j'ai fait geler l'eau dans deux cuves rectangulaires en bois, dont l'une des parois était remplacée par une vitre. Dans la première cuve la vitre était verticale, dans la seconde elle était inclinée de 45° sur l'horizon. Les deux faces vitrées ayant été exposées au rayonnement de l'espace, l'eau intérieure n'a pas tardé à geler, et au bout de quelques heures j'ai pu détacher du verre des lames de glace assez épaisses, parfaitement régulières dans la partie centrale et donnant de très-beaux anneaux. La glace avait donc son axe horizontal dans le premier vase, tandis que dans le second il faisait un angle de 45° avec l'horizon. Dans aucun d'eux il n'était vertical, mais il était dans tous deux normal à la vitre, c'est-à-dire, normal à la surface refroidissante.

Ainsi voilà la loi générale: *L'axe des cristaux de glace est normal à la surface refroidissante.*

La connaissance de cette loi nous permet d'expliquer les anomalies observées au commencement. Quand l'eau est contenue dans un vase exposé à l'air libre, ce sont d'abord les parois du vase qui se refroidissent; lorsqu'un point de la paroi est descendu à 0°, il s'y forme un cristal de glace qui a son axe normal à la paroi et par conséquent horizontal. Ce petit cristal servira de base à un second, qui aura encore son axe normal à la surface refroidissante, et ainsi naîtront d'abord des cristaux dans toutes les directions. Bientôt la surface de l'eau acquerra la température 0°; à partir de ce moment les cristaux qui se produiront à sa surface auront leurs axes verticaux, et la glace continuera à se former dans les conditions normales. Seulement que sont alors devenus les premiers cristaux, ceux que nous observions au commencement et qui avaient leurs axes horizontaux ou obliques? C'est ce que je ne saurais dire, mais la netteté des anneaux qu'on observe tend à prouver que ces cristaux ont disparu ou qu'ils se sont redressés; bien certainement ils n'ont plus aucune influence sur les phénomènes optiques que l'on aperçoit.

Si cette explication est vraie, on doit empêcher la formation des cristaux horizontaux en empêchant les parois du vase de se refroidir. C'est précisément ce que j'ai constaté quand j'ai fait geler l'eau dans des vases entourés d'une couche de sable: le refroidissement avait alors lieu par la surface de l'eau seulement, et les premières couches de glace présentaient déjà des traces d'anneaux.

Mesure de l'indice extraordinaire de la glace. — Le diamètre des anneaux que l'on observe dans une lame perpendiculaire à l'axe dépend de l'épaisseur de la lame et des deux indices de réfraction de la substance. On le calcule approximativement par deux méthodes différentes: En appelant d le diamètre de l'anneau de rang n observé dans une lame d'épaisseur e dont les indices ordinaire et extraordinaire

sont m et m', et en désignant par K une constante qui dépend de la distance à laquelle on reçoit les anneaux, on trouve les deux formules approchées :

$$\frac{d^2 e}{n} = K \frac{m^3}{m'^2 - m^2}$$

ou bien

$$\frac{d^2 e}{n} = K' \frac{m'^2 m}{m'^2 - m^2}.$$

Dans le microscope de Norremberg on observe forcément les anneaux dans le même plan, qui est le plan focal de l'objectif; par conséquent la constante K est la même pour tous les corps. D'autre part si on place dans ce plan focal une lame de verre divisée, on pourra mesurer les diamètres des différents anneaux, que l'on verra se projeter sur les divisions du micromètre, et après avoir déterminé l'épaisseur e de la lame, on connaîtra le quotient $\frac{d^2 e}{n}$. Si donc on connaît la constante K et l'indice ordinaire m, la formule fera connaître l'indice extraordinaire m'.

Le micromètre que j'ai fixé dans le plan focal de mon microscope, était une lame de verre divisée en demi-millimètres; je me suis assuré que des divisions plus rapprochées rendaient les observations plus difficiles sans les rendre plus exactes. Avec ce micromètre j'ai d'abord déterminé la constante K en opérant sur le quartz, dont les indices sont connus. J'ai mesuré successivement cinq anneaux dans huit quartz différents, et j'ai calculé K en multipliant $\frac{d^2 e}{n}$ par la fraction $\frac{m'^2 - m^2}{m^3}$ qui est pour le quartz égale à 0.0075725, d étant la grandeur du diamètre de l'anneau exprimé comme il était mesuré, c'est-à-dire en demi-millimètres. Dans un même quartz la valeur de $\frac{d^2}{n}$ s'est trouvée constamment plus petite pour le premier anneau que pour les suivants, de sorte que ce premier anneau n'obéit pas à la loi générale. Quelle que soit la cause de cette exception, je n'avais pas à la rechercher, je me suis contenté d'exclure le premier anneau du calcul des moyennes. En passant d'un quartz à un autre, le coefficient K n'était pas tout à fait constant; mais il s'éloignait peu de sa valeur moyenne, qui était 1.505.

Ainsi quand on connaît dans une substance $\frac{d^2 e}{n}$ et l'indice ordinaire m, on peut calculer l'indice extraordinaire par la formule:

$$m'^2 = m^2 + 1.505 \frac{m^3 n}{d^2 e}.$$

Cette formule appliquée au spath donne pour m' une valeur trop petite; mais pour la tourmaline et la mellite, elle conduit à un indice extraordinaire qui s'éloigne très-peu de la vérité. On peut donc l'appliquer aux substances dans lesquelles la double réfraction est faible, et la largeur des anneaux de la glace montre tout d'abord qu'elle est dans ce cas.

L'indice de réfraction ordinaire de la glace est 1.310 d'après Wollaston, et 1.307 ou 1.3085 d'après Brewster (Optique de Beer, page 298), d'après Bravais il est 1.3095 pour les rayons jaunes et 1.3115 pour les rayons verts, et par conséquent 1.310 pour les rayons intermédiaires entre le jaune et le vert, qui sont à peu près les rayons dominants dans les anneaux. Nous prendrons donc $m = 1.310$ et nous tirerons m' de l'équation:

$$m'^2 = 1.716 + 3.383 \frac{n}{d^2 e}.$$

J'ai opéré sur 16 lames de glace dont les épaisseurs ont varié de 6 à 10 millimètres: les unes ont été observées dans mon cabinet et les autres à l'air libre par un froid très-vif, qui maintenait l'épaisseur de la glace et par suite le diamètre des anneaux rigoureusement constants, ce qui permettait de répéter plusieurs fois la même mesure. Quoique j'aie mesuré en tout 84 anneaux, je ne rapporterai qu'une seule expérience faite sur une lame de $8^{mm},9$, pour montrer seulement le degré d'exactitude qu'on peut atteindre. Voici les résultats de cette expérience.

Expérience sur une lame de glace de $8^{mm},9$ d'épaisseur.

Rang de l'anneau n	Diamètre d	Valeur de $\frac{d^2 e}{n}$	Valeur de m'
1	11.7	1219	1.311,05
2	16.5	1210	1.311,05
3	20.0	1184	1.311,10
4	23.5	1228	1.311,05
5	27	1299	1.311,00

Les 84 mesures des anneaux donnent des résultats semblables. La plus grande valeur qu'on obtienne pour m' est 1.311,25; la plus petite 1.310,75, et la moyenne des 84 expériences est 1.311,11. En remplaçant K dans ces calculs par l'une quelconque des huit valeurs que le quartz nous a fournies, on trouve toujours pour $m' = 1.311$ suivi d'un chiffre qui est petit. Enfin si, au lieu d'employer au calcul la première formule approchée, on veut employer la seconde, il faut d'abord déterminer K', ce qui donne $K' = 1.487$, puis calculer m' par l'équation $m'^2 \left(\frac{d^2 e}{n} - 1.948\right) = 1.716 \frac{d^2 e}{n}$, et on arrive encore au même résultat.

On peut donc dire, en se bornant à trois chiffres décimaux, que la glace a pour indice ordinaire 1.310 et pour indice extraordinaire 1.311; ou, plus généralement encore, que la différence entre les deux indices est de 1 millième, quelle que soit celle des valeurs qu'on adopte pour l'indice ordinaire.

La glace a donc un pouvoir biréfringent très-faible. Si on taillait dans un glaçon

flottant un prisme vertical de 60°, ce prisme donnerait deux images qui, dans la déviation minimum, ne seraient écartées que de 4 minutes et demie, tandis que l'écart serait de 47 minutes et demie si le prisme était en quartz, et de 16° s'il était en spath, le plus biréfringent de tous les corps connus. Aussi n'ai-je pu réussir à constater la double réfraction dans un prisme de glace.

Expériences de M. Reusch. — Pendant que j'étudiais la glace à Strasbourg, des expériences analogues étaient faites en même temps à Tubingue, par M. le professeur Reusch, dont l'attention avait été appelée sur ce sujet par la note insérée en tête de cet article. Ce physicien remarque d'abord que la glace des rivières, lorsqu'elle est très-mince, n'est qu'un agrégat de cristaux diversement orientés, tandis que, si elle est épaisse, elle a son axe normal à la surface de l'eau. Plus habile que moi, il a eu l'adresse de préparer un prisme de glace assez parfait pour pouvoir mesurer au goniomètre les deux indices de réfraction, en employant des verres de diverses couleurs, et voici les résultats qu'il a obtenus :

	Indice ordinaire m.	Indice extraordinaire m'.	Différence.
Rayons rouges	1.3060	1.3073	0.0013
Rayons verts	1.3120	1.3136	0.0016
Rayons violets	1.3170	1.3210	0.0040

M. Reusch s'est servi de ces nombres pour calculer le diamètre du premier anneau d'une lame de glace de 4 millimètres d'épaisseur; puis mesurant ce diamètre par la méthode de Grailich, il a constaté entre l'expérience et le calcul un accord qui lui a paru suffisant. (*Annales de Poggendorff*, tome CXXI, page 573.)

Sa note se termine par deux paragraphes, l'un sur la plasticité et l'autre sur la fragilité de la glace; mais ces paragraphes sont étrangers à notre sujet.

V.

Modifications apportées à quelques appareils de physique.

J'ai décrit, dans mes précédents opuscules, plusieurs appareils de physique, auxquels j'ai apporté, depuis, diverses modifications que je vais faire connaître. Ces appareils sont, outre le voltamètre étudié plus haut : le commutateur, la table d'Ampère, l'appareil pour la rotation électro-magnétique des liquides et l'appareil pour la rotation des liquides dans les aimants creux.

§ 1. — Commutateur.

Le commutateur isolé est représenté dans la figure 6. Il se compose d'un disque en bois dur, sur lequel sont vissées deux lames de cuivre; l'une centrale est dirigée suivant un rayon du disque, la seconde contournée en fer à cheval enveloppe la première; ces deux lames débordent la circonférence du disque et forment sur sa tranche trois bourrelets métalliques qui, par suite de la rotation du commutateur, viennent presser contre les deux ressorts R et R'. Ces deux ressorts communiquent par une lame de cuivre avec deux boutons A et B, auxquels on attache les bouts du fil dans lequel doit circuler le courant. Les deux pôles de la pile sont fixés à deux autres boutons : l'un marqué + reçoit le pôle positif et communique avec l'axe du commutateur, et par suite avec la lame centrale, sur laquelle une flèche indique le sens du courant: l'autre marqué — reçoit le pôle négatif de la pile, il est fixé sur la lame en fer à cheval. Le disque est mobile autour de son centre et il peut être tourné au moyen d'un manche métallique, dont le mouvement est limité par les deux chevilles C, C'. Quand ce manche est appuyé contre les chevilles, le courant est fermé et le ressort positif est toujours indiqué par la flèche.

Cet appareil est au moins aussi simple que le commutateur de Ruhmkorff, et je trouve que le sens du courant y est plus facile à reconnaître.

§ 2. — Table d'Ampère.

Le principal avantage de ma table d'Ampère consiste dans la forme que j'ai donnée aux courants mobiles, qui, au lieu de tourner sur deux pointes comme dans les anciens appareils, ne tournent que sur une seule pointe, ce qui rend leur mouvement bien plus facile. Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit sur ce sujet, je veux seulement indiquer ici une simplification que j'ai apportée à la table, en supprimant les deux colonnes, qui, dans l'ancienne figure, sont marquées T et T', pour leur substituer un multiplicateur, comme l'indique M. Delarive. Ce multiplicateur est représenté en M dans la figure 7; son fil est attaché aux bornes 2 et 3: la borne 2 reçoit d'ailleurs toujours le pôle positif de la pile, dont le pôle négatif communique avec le bouton — du commutateur. La communication est en ce moment interrompue entre la borne 3 et le fil qui circule autour du vase V; les extrémités de ce fil sont attachées, l'une d'une manière permanente à la borne n° 2, et l'autre au moyen d'une vis de pression à la borne n° 3 : en détachant le fil de cette borne, on obtient l'interruption désirée. La figure représente le multiplicateur dans la position où il produit une attraction sur le courant mobile qui lui est parallèle; il suffit de tourner

le commutateur pour changer cette attraction en répulsion. Je n'ai pas besoin de dire que, pour étudier l'action des courants croisés, il suffit de croiser le multiplicateur avec la branche horizontale supérieure du courant mobile.

§ 3. — Appareil pour la rotation électro-magnétique des liquides.

M. Ruhmkorff a donné à mon appareil pour la rotation électro-magnétique des liquides une forme très-heureuse: je n'y ai fait d'autre changement que de remplacer son commutateur par le mien. On a dans la figure 8 une vue perspective de l'ensemble, dans la figure 9 une coupe verticale du vase à rotation, et dans la figure 10 une coupe horizontale du même vase.

Le vase annulaire *V* est entièrement en verre; on y verse un mélange formé de 20 à 30 parties en volume d'eau, pour 1 d'acide sulfurique et 1 d'acide nitrique. Sur cette eau flottent de petits disques en liége, noirci à la fumée de l'essence de térébenthine, et dont le mouvement est indiqué à l'extérieur par de petits pavillons en papier *p*, *p*. Dans ce vase sont placées les deux électrodes annulaires *e* et *i*, qui communiquent par des fils de cuivre recourbés avec les deux colonnes métalliques *E* et *I;* les bouts de ces fils ont des grosseurs différentes, de telle sorte qu'on ne puisse pas les changer de place, et par conséquent le bouton qui est marqué *E*, est toujours fixé à l'électrode extérieure, tandis que celui qui est marqué *I*, est toujours sur l'électrode intérieure. Les colonnes qui portent ces deux boutons sont fixées par le bas sur deux lames métalliques, qui aboutissent aux ressorts du commutateur, et sur lesquelles sont gravés les mots *centripète* et *centrifuge*. Il en résulte que, si on a soin d'attacher toujours le pôle négatif de la pile au bouton — du commutateur, la flèche indiquera, par le mot vers lequel est dirigée sa pointe, quel est le sens du courant dans le liquide.

C'est sur ce courant liquide de sens variable, que l'on fait agir, soit séparément, soit simultanément, le courant fixe extérieur de la bobine *GG*, et le courant intérieur de l'électro-aimant *H*. Le vase est porté par le rebord intérieur de la bobine *GG;* cette bobine elle-même est supportée par deux colonnes métalliques *S*, *S*, qui communiquent par le haut avec les bouts du fil de la bobine, et par le bas avec deux lames métalliques, aboutissant aux deux bornes *A* et *B*, dont la première est isolée, et dont la seconde communique avec l'axe du commutateur.

L'électro-aimant *H* est fixé sur une planchette mobile, et les extrémités de son fil aboutissent aux bornes *C* et *D*. Cette planchette peut être montée ou descendue au moyen de deux glissières qui embrassent les colonnes *E* et *I*, et qui peuvent être maintenues contre ces colonnes au moyen de deux vis de pression *K*, *K*. Quand

on la soulève, l'électro-aimant passe à travers le tube central du vase annulaire, son noyau peut être enlevé à volonté.

Les lettres A, B, C, D, E, I, et le signe — sont gravés sur les sept boutons ou vis de pression qui portent ces lettres dans la figure. Les expériences ne peuvent alors offrir aucune ambiguïté. Elles se font de la manière suivante: après avoir versé dans le vase le liquide préparé et avoir placé sur ce liquide les flotteurs en liége, on attachera le pôle négatif d'une petite pile de 4 éléments au bouton — du commutateur; le courant sera alors dans le liquide centripète ou centrifuge suivant que l'indiquera la flèche; le pôle positif de la pile sera attaché à l'un des autres boutons, suivant les effets que l'on voudra produire et qui sont au nombre de trois principaux.

1° *Action de la bobine extérieure G.* — Attachez le pôle positif de la pile au bouton A, le courant aura dans la bobine G une circulation *gauche*, et l'on verra les flotteurs prendre une rotation *gauche* ou *directe*, si le courant liquide est centripète; *droite* ou *inverse*, si le courant liquide est centrifuge.

2° *Action de l'électro-aimant intérieur H.* — Attachez le pôle positif de la pile en C, et joignez B et D par un fil flexible. Le courant aura encore dans l'électro-aimant une circulation gauche, et alors :

1) Si l'électro-aimant est inférieur au vase, le liquide tournera dans le même sens que précédemment;

2) Si on monte l'électro-aimant, on trouvera une position où il n'agit plus et les pavillons resteront immobiles;

3) Si on le monte davantage, la rotation changera de signe et deviendra de sens contraire ce qu'elle était avec la bobine extérieure.

3° *Action simultanée des deux bobines dans le même sens.* — Si l'électro-aimant est inférieur, attachez le pôle positif en C et joignez A et D. Si l'électro-aimant est monté de manière que son milieu soit par exemple au niveau du vase, attachez le pôle positif en D et joignez A et C. La rotation sera alors comme celle que produisait la bobine extérieure seule, mais elle sera beaucoup plus énergique, surtout dans le second cas.

Je n'ai pas besoin d'indiquer ce qu'il faudrait faire pour obtenir l'action simultanée des deux bobines en sens contraires, ou bien pour observer l'action de la bobine intérieure sans noyau, ou bien enfin pour étudier l'action des aimants ordinaires sur le courant qui traverse le liquide. Je ne crois pas non plus devoir donner ici l'explication de tous ces phénomènes, on la trouvera dans mon mémoire sur la rotation électro-magnétique des liquides. (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome LV, page 304.)

§ 4. — Appareil pour étudier la rotation électro-magnétique des liquides dans les aimants creux.

Cet appareil ne diffère guère que par ses dimensions de celui que j'ai autrefois décrit : il est représenté dans la figure 11. On voit en bas une planchette horizontale, dans laquelle sont creusés quatre godets que l'on remplit de mercure ; ces godets sont marqués *a*, *b*, *c*, *d*, ils communiquent par des lames métalliques, comme l'indique la figure, soit entre eux, soit avec les boutons *P* et *N*, auxquels on attache les deux pôles d'une petite pile de 4 éléments. La partie supérieure de la figure montre les quatre pièces mobiles qui peuvent se placer sur la planchette. C'est d'abord un bloc en bois *S* qui sert de support au vase annulaire, et qui se met en place au moyen de deux chevilles, qui s'introduisent dans deux petits trous de la planchette inférieure. C'est en second lieu le vase annulaire *V*, dont le fond est en verre et les parois en cuivre rouge ; la tige centrale de ce vase se prolonge au-dessous du fond, traverse le bloc de bois et vient plonger dans le godet *b* : la paroi extérieure porte une lame qui glisse dans une rainure du bloc de bois et vient plonger dans le godet *d*. C'est en troisième lieu la bobine *GG*, dont le fil est soudé à deux lames de cuivre qui plongent dans les godets *a* et *c*, quand l'appareil est monté. Enfin c'est en quatrième lieu le cylindre creux en fer doux *FF*, que l'on peut introduire dans l'espace annulaire que laissent entre eux la bobine et le vase.

L'appareil étant monté, comme nous venons de le dire, il est facile de voir que si le pôle positif de la pile est en *P*, le courant entre en *a* dans la bobine, d'où il sort par *c*; du godet *c* une lame le ramène par le godet *b* à la tige centrale du vase ; il se répand donc dans le liquide pour en sortir par la paroi extérieure, dont la tige plonge dans le godet *d*; de là une troisième lame le ramène au bouton *N* et par suite au pôle négatif de la pile.

Sous l'action de la bobine, il se produit dans le liquide une rotation électro-magnétique qu'il s'agit de faire voir à l'extérieur. Pour obtenir ce résultat, la tige centrale du vase se termine par une aiguille en acier, qui passe à travers un trou pratiqué dans le milieu d'une petite traverse horizontale en ivoire ; cette traverse porte deux montants verticaux qui sont implantés par leur partie inférieure dans un anneau en liége noirci au noir de fumée et reposant sur le liquide. Le mouvement de l'anneau se communique à la traverse horizontale, qui est visible, puisqu'elle est au-dessus de l'appareil.

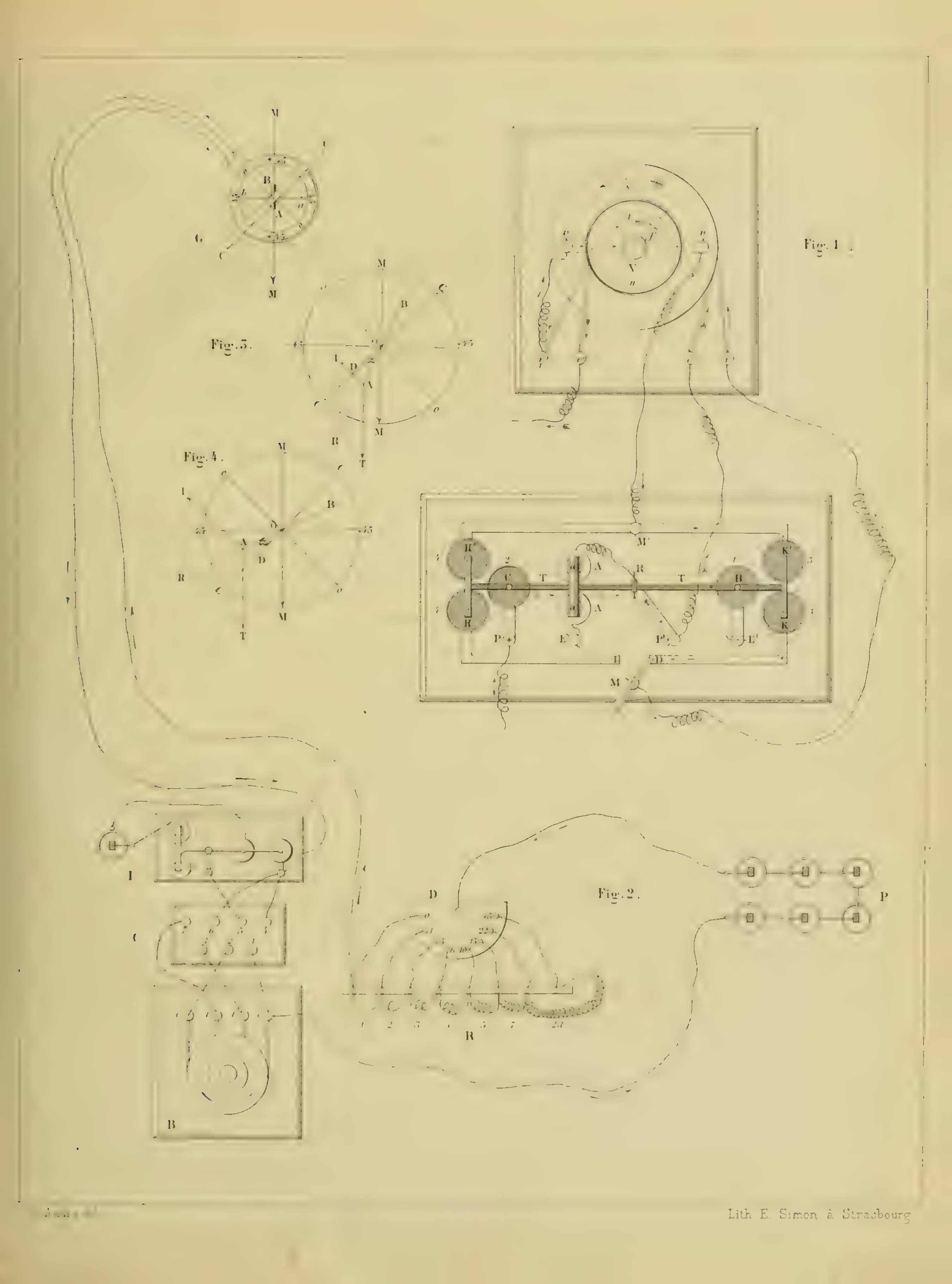
Quand le noyau en fer doux est enlevé, la rotation du liquide est très-rapide, elle se ralentit dès que le noyau est introduit, mais, sans jamais s'annuler complétement comme dans les appareils plus petits. Ainsi par exemple : sans noyau, le

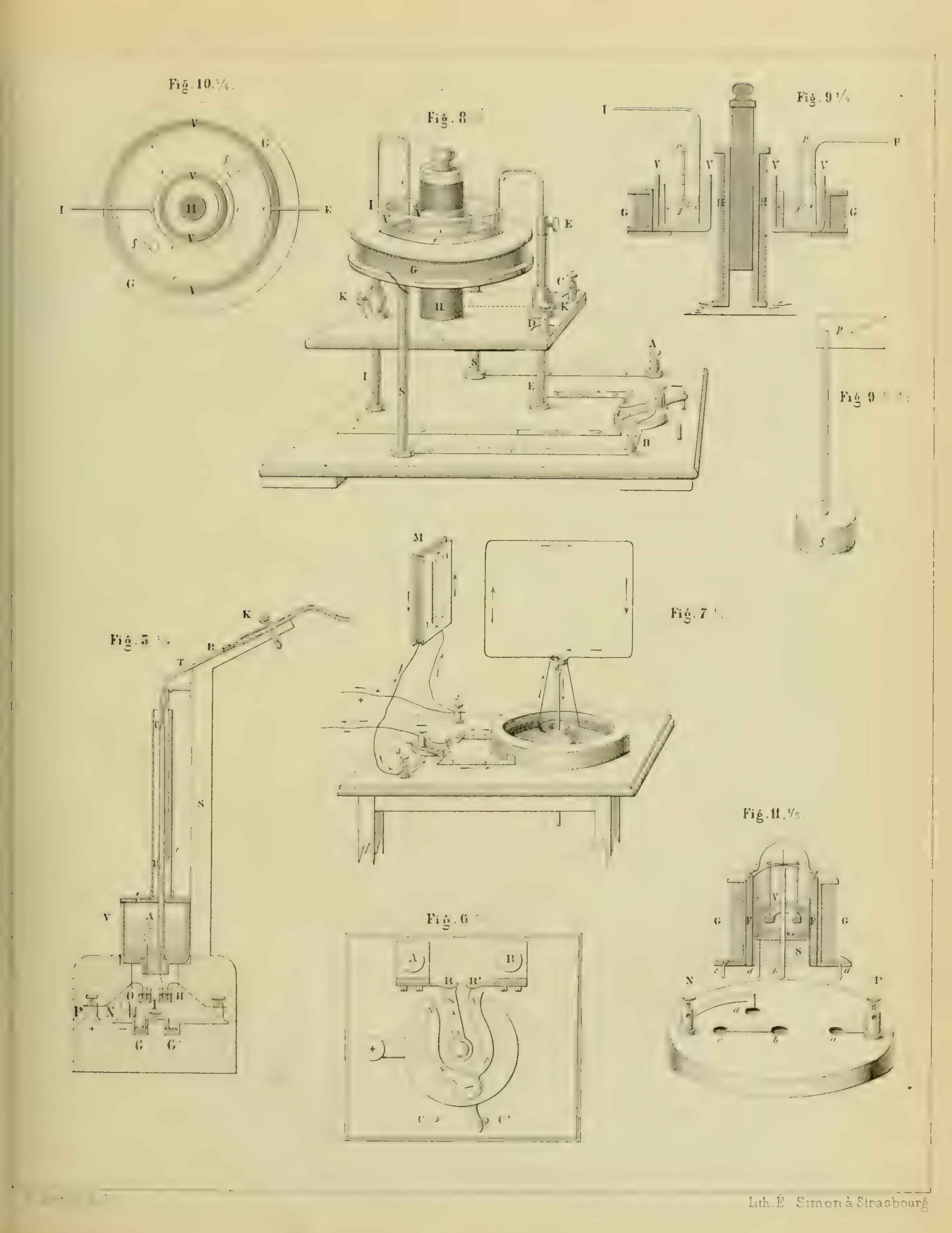
liquide fait un tour en 4 secondes, tandis qu'avec le noyau il ne fait plus qu'un tour en 11 secondes; la vitesse est donc devenue seulement à peu près trois fois plus petite; mais cela suffit pour démontrer que les actions de l'aimant creux et de la bobine sont de sens contraires. Je renvoie pour l'explication de ces phénomènes au mémoire cité précédemment, ainsi qu'à mes premiers opuscules de physique insérés dans le tome V des Mémoires de la Société des sciences naturelles de Strasbourg.

Je puis faire construire ici tous les appareils que je viens de décrire, et particulièrement ceux qui sont figurés dans la seconde planche, et s'ils m'étaient demandés, je me ferais un devoir de les vérifier et de les accompagner d'une notice qui permettrait de les mettre immédiatement en expérience.



Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Lith. E. Simon à Strasbourg


Fig. 10. 1/4
Fig. 8
Fig. 9 1/4
Fig. 9
Fig. 7
Fig. 5
Fig. 11. 1/5
Fig. 6
Lith. E. Simon à Strasbourg

DES

PASSAGES DE VÉNUS

SUR LE DISQUE DU SOLEIL

ET DU

PASSAGE DU 8 DÉCEMBRE 1874 EN PARTICULIER

PAR

M. BACH.

AVEC 12 PLANCHES LITHOGRAPHIÉES

STRASBOURG

IMPRIMERIE DE VEUVE BERGER-LEVRAULT, RUE DES JUIFS, 26

—

1866

DES

PASSAGES DE VÉNUS SUR LE DISQUE DU SOLEIL

ET DU PASSAGE DU 8 DÉCEMBRE 1874 EN PARTICULIER.

1. Les passages des planètes inférieures sur le soleil se produisent, quand ces astres, dans leurs conjonctions inférieures, viennent se placer entre la terre et le soleil. Si, à cette époque, la planète a une faible latitude, elle sera sensiblement en ligne droite avec la terre et le soleil, et l'observateur la verra se dessiner sur le disque solaire suivant une tache noire et ronde dont l'étendue n'est jamais assez considérable pour affaiblir d'une manière sensible l'éclat de l'astre du jour.

Le phénomène des passages a la plus grande analogie avec les éclipses de soleil, la seule différence c'est que la lune est remplacée par la planète dont le diamètre est beaucoup plus petit. Nous nous occuperons ici spécialement du prochain passage de Vénus, qui aura lieu le 8 décembre 1874. M. Airy a déduit des tables de Vénus perfectionnées par M. Leverrier les éléments nécessaires au calcul de ce passage. Ces éléments, rapportés au temps moyen de Greenwich, se trouvent dans les comptes rendus de l'Académie des sciences du 25 juillet 1861 ; ils sont consignés en tête de ce travail.

Aperçu général sur les passages de Vénus.

2. La longitude héliocentrique du nœud ascendant de Vénus étant de 75° environ, il est évident que si la terre est en conjonction avec le nœud ascendant, la longitude géocentrique de ce point sera $180° + 75° = 255°$. La longitude géocentrique du nœud descendant sera, dans les mêmes conditions, de 75°; mais à cause

de l'inclinaison de l'orbite de la planète sur le plan de l'écliptique, les passages ne peuvent se produire que dans les conjonctions inférieures, voisines des nœuds; ils n'ont lieu par conséquent que dans les conjonctions pour lesquelles la longitude du soleil est elle-même voisine de 255 ou de 75°. Ces longitudes solaires répondent aux mois de décembre et de juin, qui sont en effet les seuls où l'on observe des passages de Vénus. Les passages au nœud ascendant auront lieu en décembre; les passages au nœud descendant auront lieu en juin.

Connaissant la durée de la révolution synodique de Vénus ou le temps que met la planète à revenir en conjonction avec le soleil, durée qui est de 584 jours, il est facile de trouver toutes les conjonctions : on choisit celles qui se produisent dans le voisinage des nœuds, c'est-à-dire dans les mois de décembre et de juin, et en les calculant avec soin, on reconnaîtra si la latitude géocentrique, à la conjonction, n'excède pas le demi-diamètre apparent du soleil, et, dans ce cas, Vénus pourra passer sur le disque solaire.

Dans une révolution synodique de 584 jours, le soleil parcourt sur l'écliptique une circonférence entière plus 216°; ainsi, une conjonction ayant eu lieu en un certain point de l'écliptique, la première conjonction qui suivra aura lieu à 216° plus loin; la seconde à 432° plus loin, etc., et la cinquième aura lieu à $216° \times 5 = 360° \times 3$ du point de départ, c'est-à-dire qu'elle répondra à la même longitude que la première. Dans l'intervalle de cinq conjonctions il s'est écoulé $584^j \times 5 = 2920^j = 365^j \times 8$, c'est-à-dire 8 années de 365^j. Supposons d'après cela qu'il y ait eu une conjonction inférieure, quand la planète était dans son nœud, à cette conjonction répondra un passage. 8 ans après, la conjonction aura lieu sensiblement dans les mêmes circonstances, avec cette différence que la planète aura cette fois une latitude appréciable, mais qui sera encore assez petite pour que le passage se produise. Après une nouvelle période de 8 ans, la latitude de la planète à la conjonction aura encore augmenté, et cette augmentation sera alors suffisante pour empêcher le passage d'avoir lieu, de sorte qu'il n'y aura jamais trois passages de suite dans une période de 16 ans. Il s'écoule alors un intervalle de 105 ou de 121 ans, après lequel il y a un passage, puis un autre 8 ans plus tard. On trouve dans l'*Astronomie de Delambre*, tome II, page 473, un tableau des passages de Vénus depuis l'an 900 de notre ère jusqu'à l'an 3000. Durant cette période de 21 siècles il y a trente-cinq passages. Ceux du dernier siècle ont eu lieu le 5 juin 1761 et le 3 juin 1769; ceux du siècle actuel s'observeront le 8 décembre 1874 et le 6 décembre 1882.

3. Les passages de Vénus offrent une observation directe du nœud de la planète, ce qui est précieux pour le contrôle des tables; mais ils ont une bien autre importance

encore : on peut en effet les utiliser pour la détermination de la parallaxe du soleil, de laquelle dépend l'évaluation de la distance de la terre à cet astre, et, par suite, d'après la troisième loi de Keppler, de la distance de toutes les planètes au soleil.

Keppler annonça le premier passage de Vénus qui ait été observé, mais il l'avait simplement signalé comme un fait curieux resté inaperçu jusqu'à lui. C'est Halley qui, en faisant connaître aux astronomes les passages de 1761 et de 1769, montra, le premier, tous les avantages qu'ils pourraient en tirer pour la détermination de la parallaxe du soleil; il indiqua même les lieux de la terre les plus favorables pour ce genre d'observations. Malheureusement il se trompa dans ses calculs, et toute la partie numérique de son travail dut être reprise. Divers calculateurs se chargèrent de cette tâche : nous citerons entre autres Trébuchet, astronome français, qui releva le premier l'erreur commise par Halley.

Ces passages du dernier siècle sont fameux dans l'histoire de l'astronomie; la plupart des souverains et des académies de l'Europe organisèrent des voyages dans des lieux éloignés et désignés d'avance où l'effet de la parallaxe sur les apparences du phénomène fût le plus considérable, et ces voyages, surtout en 1769, s'accomplirent à la satisfaction générale des astronomes du temps. La discussion des observations relatives à ce passage de 1769, reprise en 1835 par M. Encke, a donné pour la parallaxe du soleil 8",57. On regardait ce nombre, il y a quelques années, comme suffisamment exact, bien qu'on n'en connût pas d'une manière précise le degré d'approximation. Des considérations théoriques ont fait penser, dans ces derniers temps, qu'il était notablement trop petit; il serait en effet de 8",95, d'après M. Leverrier.

Lors de l'opposition de Mars, qui s'est produite, en 1862, dans des conditions exceptionnellement favorables, la combinaison d'observations simultanées faites à Pulkowa et au Cap a donné 8",964; la combinaison d'observations faites à Greenwich et en Australie a donné 8",932. La moyenne des deux résultats, 8",95, coïncide avec le nombre adopté par M. Leverrier, tome IV, page 101, des *Annales de l'Observatoire*.

M. Pauwalki, astronome à Berlin, a, dans sa thèse inaugurale, intitulée : *Neue Untersuchung des Venus-Durchganges von 1769, zur Bestimmung der Sonnen-Parallaxe*, discuté de nouveau les passages observés en 1769, et il trouve, en basant ses calculs sur les déterminations récentes des longitudes des lieux d'observation, 8",86. C'est aussi ce que l'on trouve en admettant, comme cela résulte des éclipses des satellites de Jupiter, que la lumière emploie $497^s,91$ pour parcourir la distance du soleil à la terre, et en adoptant d'ailleurs pour la vitesse de la lumière $298000^{kil.}$ par seconde, d'après M. Foucault.

Il résulte de ce que nous venons de dire que, dans l'état actuel de la science, la parallaxe du soleil n'est connue qu'à $\frac{1}{50}$ de sa valeur environ. Espérons que l'étude approfondie des passages de 1874 et 1882 permettra, en donnant gain de cause à la théorie, de resserrer considérablement les limites de l'erreur qui affecte un des éléments les plus importants, mais aussi un des plus délicats à connaître de l'astronomie.

Calcul des passages par la méthode des projections.

4. Nous nous occuperons d'abord du passage relatif au centre de la terre, qui se trouve indiqué dans les éphémérides. Cela revient à négliger les effets de parallaxe, dont nous apprendrons plus tard à tenir compte.

Le problème à résoudre est celui-ci : *Étant donnée l'heure de la conjonction en ascension droite de Vénus et du soleil, les mouvements horaires des deux astres pour cette époque, déterminer l'heure de l'entrée et de la sortie de la planète, et la plus courte distance de son centre au centre du disque solaire.*

Préliminaires et procédé graphique. Le soleil et la planète se déplacent tous deux sur la sphère céleste ; le mouvement du soleil a lieu d'occident en orient, et celui de la planète qui est rétrograde dans le voisinage de la conjonction inférieure, a lieu d'orient en occident. Cela posé, considérons un passage de décembre ; à cette époque, le mouvement du soleil en déclinaison est austral, mais, puisque la planète atteint alors son nœud ascendant, elle passe du sud au nord de l'écliptique ; son mouvement en déclinaison est donc boréal, c'est-à-dire de sens inverse à celui du soleil. En juin c'est le mouvement du soleil en déclinaison qui est boréal, et celui de la planète qui est austral.

Quant au mouvement de la planète en ascension droite, il est toujours rétrograde vers la conjonction inférieure. Or, il est permis de regarder le soleil comme fixe, si l'on donne à la planète le mouvement relatif convenable. Le mouvement relatif de Vénus en ascension droite sera égal à la somme des mouvements des deux astres, et se comptera d'orient en occident. Le mouvement relatif en déclinaison sera aussi égal à la somme des mouvements : il sera boréal ou austral suivant qu'il s'agira d'un passage de décembre ou d'un passage de juin.

Regardons d'après cela le soleil comme fixe, et imaginons menée la ligne qui va du centre de la terre au centre du soleil ; prenons pour plan horizontal de projection le plan mené par le centre de la terre perpendiculairement à cette droite, et pour plan vertical le méridien de la conjonction qui coupera le premier suivant la

ligne de terre TT fig. (1). Supposons ensuite que l'on mène, à la distance de la planète à la terre, un plan parallèle au plan horizontal de projection. La route apparente de la planète, pendant la durée du passage, sera, sans erreur appréciable, une droite située dans ce plan.

Le soleil s'y projettera en perspective suivant un cercle, et dans l'épure que nous allons expliquer, nous projetterons en vraie grandeur sur le plan horizontal la perspective du soleil et l'orbite relative.

Cela posé, décrivons un cercle de rayon arbitraire; nous le prendrons d'un décimètre, il représentera le disque solaire. La terre, réduite à un point, est au centre de ce cercle, la ligne TT détermine le méridien de la conjonction.

Figurons actuellement sur le plan de projection l'orbite relative de la planète. Cette orbite étant sensiblement rectiligne, il suffira de deux conditions pour la déterminer, et nous allons supposer, dans ce qui va suivre, qu'il s'agisse du passage du 8 décembre 1874.

On trouve (*Comptes rendus du 25 juillet 1861*) :

D' Déclinaison ♀ $= 22°35'7'',7$ Australe.
D Déclinaison ☉ $= 22°49'22'',4$ A.

La différence des déclinaisons est $14'14'',7$, cela veut dire qu'à l'instant de la conjonction Vénus est à $14'14'',7$ au nord du soleil; ayant choisi sur la ligne TT la direction du nord, on prendra, en allant dans ce sens, une longueur OK, répondant à $14'14'',7$, distance des centres des deux astres.

Le demi-diamètre apparent du soleil à la conjonction est $16'14'',98$, et puisque nous l'avons représenté par un décimètre, on calculera OK par la proportion :

$$\frac{OK}{1^d} = \frac{14'14'',7}{16'14'',98} = \frac{854,7}{974,98} = 0,877.$$

Ainsi $OK = 0^d,877$.

Prenant OK égal à cette longueur, le point K ainsi obtenu sera un point de l'orbite relative de Vénus. Cette orbite sera complétement déterminée si l'on connaît un second de ses points, ou l'angle qu'elle fait avec TT.

5. Nous avons :

Mouvement horaire ♀ .	en ascension droite . .	93'',95 O.
	en déclinaison	47'',73 B.
Mouvement horaire ☉ .	en ascension droite . .	146'',71 E.
	en déclinaison	14'',80 A.

De ces données résulte un mouvement relatif en ascension droite d'orient en occident, égal à la somme des mouvements. Désignons-le par h :

$$h = 93'',95 + 164'',71 = 258'',66 \text{ O}.$$

Quant au mouvement relatif en déclinaison, il sera boréal et égal à la somme des mouvements de la planète et du soleil. Désignons-le par δ :

$$\delta = 47'',73 + 14'',80 = 62'',53 \text{ B}.$$

Chacune de ces quantités peut d'ailleurs être estimée en parties du rayon du cercle qui représente le disque solaire, c'est-à-dire en décimètres. Elles seront $\frac{h}{d}$ et $\frac{\delta}{d}$, d étant le demi-diamètre apparent du soleil.

Veut-on connaître la position de la planète sur son orbite relative une heure après la conjonction, on remarquera d'abord qu'elle s'avance vers le nord de la quantité $\frac{\delta}{d}$. Quant au chemin parcouru vers l'ouest, il serait $\frac{h}{d}$, si la planète était à l'équateur; mais puisqu'elle a la déclinaison D', le déplacement horaire parallèlement à l'équateur est $\frac{h}{d}\cos D'$.

$\frac{\delta}{d}$ et $\frac{h}{d}\cos D'$ sont les coordonnées d'un second point de l'orbite; en le joignant avec le point K, on aura cette orbite.

Au lieu de déterminer un second point de l'orbite, on peut calculer l'angle α qu'elle fait avec la ligne de terre. Il sera donné par la formule :

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{h \cos D'}{\delta}.$$

L'angle α, dans la fig. (1), est l'angle OKZ; il n'y a pas à se tromper sur le sens où il doit être compté, car la planète se dirige du sud-est au nord-ouest; elle abordera le disque solaire par la partie orientale, et l'abandonnera par la partie occidentale.

D'après les valeurs de D', h et δ,

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{258,66}{62,53} \cdot \cos 22^\circ 35' 7'',7.$$

$$\alpha = 75^\circ 19' 40''.$$

Faisant $OKZ = \alpha$, la ligne ZKZ' sera l'orbite de Vénus. Il s'agit actuellement de trouver les positions qu'occupe la planète aux heures voisines de la conjonction.

Le chemin que parcourt la planète sur son orbite relative, dans une heure, s'obtient en divisant le mouvement horaire relatif en déclinaison par $\cos \alpha$, il a pour expression:

$$\frac{\delta}{d \cos \alpha} = 0^d,253.$$

6. Rien de plus facile que de trouver la position de Vénus à une certaine heure, à 16 heures par exemple, ce qui répond au 9 décembre, à 4 heures du matin

On compte le temps écoulé depuis 16 heures jusqu'à la conjonction, il est:

$$16^h\,59^m\,13^s,2 - 16^h = 59^m\,13^s,2 = 3553^s,2.$$

Le chemin parcouru dans ce temps est donné par la proportion:

$$\frac{x}{0^d,253} = \frac{3553,2}{3600}$$

$$x = 0^d,250.$$

On prendra donc, à partir du point K sur la direction KZ, et en allant vers l'est, une longueur égale à $0^d,250$, et l'on marquera à l'extrémité le numéro XVI ou mieux IV, en adoptant le temps civil. Portant ensuite dans les deux sens des longueurs égales à $0^d,253$, c'est-à-dire au chemin parcouru dans une heure, on obtiendra les divisions:

III, IV, V, VI, etc.,

qui indiquent les positions de la planète aux mêmes heures.

Ayant les positions d'heure en heure, on les aura, par des subdivisions, de quart d'heure en quart d'heure, de 5 minutes en 5 minutes, etc.

Pour connaître l'heure de l'entrée et celle de la sortie, on décrira du point O une circonférence avec un rayon égal à la somme des demi-diamètres apparents du soleil et de la planète. Le demi-diamètre du soleil, $16'\,14'',98$, est représenté par 1^d, celui de Vénus, $31'',41$, sera représenté par $0^d,032$; le rayon du cercle à décrire est donc $1^d,032$. Sa circonférence coupe l'orbite en deux points M et M', qui répondent aux divisions marquées:

$2^h\,47^m$ et $6^h\,26^m$.

Pour connaître l'heure du milieu du phénomène, on regardera la division à laquelle répond le pied de la perpendiculaire menée du centre à l'orbite, ou bien l'on prendra la moyenne des heures d'entrée et de sortie; à cette heure répond la plus courte distance des centres qu'on obtiendra en mesurant la longueur l de la perpendiculaire, et en la convertissant en angle.

La figure (1) donne $l = 0^d,863$. On posera la proportion:

$$\frac{x}{974'',98} = \frac{0,863}{1},$$

et il viendra pour la distance angulaire des centres

$$x = 13'\,38''.$$

Résumé.

		HEURE DE GREENWICH.	HEURE DE PARIS.
Le 9 décembre, temps civil.	Entrée	1h 47m matin.	1h 56m
	Milieu du passage .	4 6	4 15
	Sortie	6 26	6 35

Plus courte distance des centres, 13′ 38″.

Le passage sera invisible à Paris et à Londres.

Procédé analytique. Les constructions qui précèdent peuvent facilement se traduire en formules. Nous avons fig. (1):

$$OK = D' - D$$

$$\text{tang}\, \alpha = \frac{h \cos D'}{\delta}.$$

Soit I le pied de la perpendiculaire abaissée du point O sur l'orbite; le triangle OKI donne :

$$KI = (D' - D) \cos \alpha.$$

D'ailleurs (n° 5) le chemin que décrit la planète dans une heure sur son orbite relative étant $\frac{\delta}{\cos \alpha}$, on aura le temps écoulé depuis le milieu du passage jusqu'à la conjonction, en divisant KI par le mouvement horaire; on obtient ainsi pour ce temps :

$$\frac{D' - D}{\delta} \cos^2 \alpha.$$

Soit t l'heure de la conjonction en ascension droite pour un certain lieu, Greenwich par exemple, et t' celle du milieu du passage, cette heure sera évidemment donnée par la formule :

$$t' = t - \frac{D' - D}{\delta} \cos^2 \alpha.$$

La plus courte distance des centres, ou la valeur de OI en angle, est:

$$OI = (D' - D) \sin \alpha.$$

Cherchons actuellement l'heure de l'entrée et celle de la sortie. Appelons d' le demi-diamètre de Vénus, d étant celui du soleil, et considérons Vénus à l'instant de l'entrée ou du premier contact extérieur; son centre étant alors en M, nous aurons :

$$MI = (d + d') \cos \varphi,$$

l'angle φ étant donné par la formule:

$$\sin \varphi = \frac{OI}{d + d'} = \frac{(D' - D) \sin \alpha}{d + d'}.$$

Le temps nécessaire pour parcourir MI est évidemment:

$$\frac{MI \cos \alpha}{\delta} = \frac{(d + d') \cos \varphi \cos \alpha}{\delta},$$

d'où résulte qu'en désignant par t_1 l'heure de l'entrée, nous aurons:

$$t_1 = t' - \frac{(d + d') \cos \varphi \cos \alpha}{\delta}.$$

Il n'est pas plus difficile de trouver l'heure de la sortie ou du dernier contact extérieur; en l'appelant t_2, on a:

$$t_2 = t' + \frac{(d + d') \cos \varphi \cos \alpha}{\delta}.$$

Il est aisé de voir que les heures du premier et du dernier contact intérieur ont pour expression :

$$t' - \frac{(d-d')\cos\varphi'\cos\alpha}{\delta}$$

et

$$t' + \frac{(d-d')\cos\varphi'\cos\alpha}{\delta},$$

φ' étant un angle auxiliaire donné par la formule

$$\sin\varphi' = \frac{(D'-D)\sin\alpha}{d-d'}.$$

8. *Application.* Nous avons déjà trouvé:

$$h = 258'',66\ \text{O}.$$
$$\delta = 62'',53\ \text{B}.$$
$$\alpha = 75^\circ\, 19'\, 40''.$$

Nous prendrons, pour appliquer les formules qui précèdent:

$$D' = -22^\circ\, 35'\, 7'',7$$
$$D = -22^\circ\, 49'\, 22'',4.$$

Nous mettons le signe moins, puisque les déclinaisons sont australes, et nous trouvons:

$$D' - D = 14'\, 14'',7 = 854'',7.$$
$$\frac{D'-D}{\delta}\cos^2\alpha = 52^m\, 37^s,$$
$$t' = 16^h\, 59^m\, 13^s - (52^m\, 37^s) = 16^h\, 6^m\, 36^s.$$

Ainsi le milieu du passage qui répond à la plus courte distance des centres, a lieu à $16^h\, 6^m\, 36^s$, et cette plus courte distance est:

$$(D'-D)\sin\alpha = 826'',8 = 13'\, 46'',8.$$

Pour obtenir l'heure de l'entrée et de la sortie, on calculera l'angle φ :

$$\sin\varphi = \frac{(D'-D)\sin\alpha}{d+d'}$$
$$d + d' = 1006'',39$$
$$\varphi = 55^\circ\, 14'\, 36''.$$

On trouvera ensuite :

$$\frac{(d+d')\cos\varphi\cos\alpha}{\delta} = 2^h\, 19^m\, 26^s.$$

et d'après cela :

Heure de l'entrée, $t_1 = 16^h\, 6^m\, 36^s - (2^h\, 19^m\, 26^s) = 13^h\, 47^m\, 10^s.$

Heure de la sortie, $t_2 = 16^h\, 6^m\, 36^s + 2^h\, 19^m\, 26^s = 18^h\, 26^m\, 2^s.$

Les résultats fournis par la construction sont sensiblement d'accord avec ceux que donne le calcul.

Pour obtenir l'heure du premier et du dernier contact intérieurs, on calculera l'angle φ':

$$\sin \varphi' = \frac{(D' - D) \sin \alpha}{d - d'}.$$

$$d - d' = 943'',57$$

$$\varphi' = 61^\circ\, 11'\, 48''.$$

On trouvera ainsi:

$$\frac{(d - d') \cos \varphi' \cos \alpha}{\delta} = 1^h\, 50^m\, 29^s.$$

et d'après cela:

Heure du premier contact intérieur $= 16^h\, 6^m\, 36^s - (1^h\, 50^m\, 29^s) = 14^h\, 16^m\, 7^s$.
Heure du dernier contact intérieur $= 16^h\, 6^m\, 36^s + (1^h\, 50^m\, 29^s) = 17^h\, 57^m\, 5^s$.

9. Dans ce qui précède, nous avons négligé la parallaxe de la planète, ou, en d'autres termes, nous avons fait abstraction des dimensions de la terre, l'observateur étant toujours supposé placé à son centre. Nous allons maintenant y avoir égard, et nous résoudrons d'abord les deux problèmes qui vont suivre, dont on comprendra bientôt toute l'importance.

Déterminer le lieu de la terre qui, le premier, observera l'entrée de la planète au coucher du soleil, et celui qui, le dernier, en verra la sortie au lever de cet astre.

Soit, fig. (2), T la terre, S le centre du soleil supposé immobile, XX le plan mené perpendiculairement à la ligne ST, qui joint les centres du soleil et de la terre. Ce plan contient la ligne droite ZZ', que la planète dans le voisinage de la conjonction décrit d'orient en occident en vertu de son mouvement relatif. Imaginons le cône ayant pour sommet le point S et circonscrit à la terre, il la touche suivant le cercle BAB, appelé *cercle d'horizon*, et coupe le plan XX suivant le cercle bab, dont le rayon est vu de la terre sous un angle égal à la différence des parallaxes de la planète et du soleil. Vénus et la projection du soleil sur le plan XX sont vues de la terre sous leurs diamètres apparents. Cela posé, imaginons que la planète occupe une position M telle que l'on ait :

$$OM = Oa + ac + cM,$$

Oa étant la différence des parallaxes des deux astres, Oc le demi-diamètre apparent du soleil, et cM le demi-diamètre apparent de la planète. Le cercle décrit du point a comme centre, et qui n'est autre que la projection du soleil sur le plan XX pour l'observateur placé au point A de la terre, sera tangent au disque de la planète, et de ce point A, qui s'obtient en prolongeant Sa, on verra un contact à l'horizon. Ce sera un contact au coucher, car aussitôt après, le point A, qui se déplace de l'ouest à l'est en vertu du mouvement diurne, entre dans l'hémisphère

non éclairé, et l'on voit sans peine que le contact aura lieu à l'extrémité orientale du diamètre vertical du soleil.

Faisons actuellement la figure en projection. Soit TT, fig. (3), la ligne de terre, et décrivons, du point O comme centre, un cercle avec un rayon égal à la différence des parallaxes de la planète et du soleil. Représentons cette différence par p, et imaginons d'ailleurs que l'orbite relative ZZ' ait été tracée comme il a été dit (nº 5).

Du point O comme centre avec le rayon $p + d + d'$ décrivons un arc de cercle qui coupe ZZ' au point M du côté de l'orient. Joignons OM qui rencontre la circonférence O en A. Le cercle décrit du point A comme centre avec le rayon d et celui qui est décrit du point M comme centre avec le rayon d', seront tangents extérieurement : le premier représente le soleil, le second la planète, et le point A déterminera le lieu qui verra le premier contact au coucher.

10. *Calcul de l'instant du premier contact au coucher.* Le point K représentant la position de la planète à la conjonction, cherchons le temps qu'elle mettra pour parcourir la distance MK. Or, nous avons dans la fig. (3) comme dans la fig. (1) :

$$OI = (D' - D) \sin \alpha.$$

Posons :

$$\sin \gamma = \frac{D' - D}{p + d + d'} \sin \alpha,$$

et le triangle OMK donnera la proportion :

$$\frac{MK}{\sin (\alpha + \gamma)} = \frac{p + d + d'}{\sin \alpha}.$$

Si l'on divise MK par le mouvement de la planète ou par $\frac{\delta}{\cos \alpha}$, nous aurons :

$$\theta = \frac{(p + d + d') \sin (\alpha + \gamma)}{\delta \tang \alpha}.$$

Cette valeur de θ est le temps écoulé depuis l'instant où le passage commence jusqu'à celui de la conjonction, et l'heure de l'entrée sera $t - \theta$, t désignant, comme nous le savons, l'heure de la conjonction en ascension droite.

11. *Coordonnées géographiques du point A.* Revenons à la fig. (2) et considérons le point A de la terre déterminé en prolongeant Sa. BAB sera, sans erreur appréciable, un grand cercle de la sphère terrestre, et l'arc PA du triangle sphérique PAB sera le complément de la latitude. On connaît, dans ce triangle, le côté BP, qui est égal à la déclinaison du soleil, et le côté BA, qui, d'après la fig. (3), est égal à $180° - \alpha - \gamma$. Nous aurons donc, en désignant par λ la latitude du point A :

$$\cos PA = \sin \lambda = \cos D \cos (180° - \alpha - \gamma).$$

Pour trouver la longitude de ce point, nous ferons observer que l'on connaît (n° 10) l'heure de l'entrée. On convertira le temps moyen en temps vrai *, et l'on en déduira l'angle horaire du soleil à l'instant du premier contact, ou l'angle du méridien de Greenwich avec celui de la conjonction, nous désignerons cet angle par Q. Le triangle PAB, fig. (2), donne:

$$\text{tang}\,(180^\circ - \alpha - \gamma) = \sin D \,\text{tang}\, P.$$

L'angle horaire φ se compte de l'est à l'ouest, à partir de Greenwich, et le méridien du point A fait avec le méridien de la conjonction l'angle P, en allant vers l'est; donc finalement la longitude du point A sera $P - Q$, augmenté, s'il est nécessaire, de 360°. Il ne faut pas perdre de vue que l'on compte ici les heures de 0 à 24 ou les angles horaires de 0 à 360.

En faisant une construction analogue sur la partie occidentale de la fig. (3), on trouvera en A' le lieu de la terre qui verra le dernier contact au lever, et ce contact aura lieu à l'extrémité occidentale du diamètre vertical du soleil. Le temps écoulé depuis la conjonction jusqu'au dernier contact extérieur est donné par la formule:

$$\theta' = \frac{(p + d + d')\sin(\alpha - \gamma)}{\delta\,\text{tang}\,\alpha}.$$

La latitude du point A' sera donnée par l'équation:

$$\sin\lambda' = \cos D \cos(\alpha - \gamma)$$

Il reste à trouver la *longitude* de ce point.

De l'heure du dernier contact on conclut l'angle horaire du soleil, que nous désignerons par Q'. Le méridien de la conjonction sera dès lors à Q' degrés à l'est de Greenwich. Si maintenant on désigne par P' l'angle du méridien de A' avec le méridien de la conjonction, nous aurons:

$$\text{tang}\,(\alpha - \gamma) = \sin D\,\text{tang}\,P',$$

et le point A', qui voit le dernier contact au lever, sera à $360 - P' - Q'$ degrés à l'est de Greenwich.

Le temps écoulé depuis l'entrée au coucher jusqu'à la sortie au lever est:

$$T = \frac{(p + d + d')\,[(\sin\alpha + \gamma) - \sin(\alpha - \gamma)]}{\delta\,\text{tang}\,\alpha} = \frac{2\,(p + d + d')\sin\gamma\cos\alpha}{\delta\,\text{tang}\,\alpha}.$$

Ce sera évidemment la plus longue durée du phénomène.

12. *Trouver le lieu qui, le dernier, verra l'entrée au lever, et celui qui, le premier, verra la sortie au coucher.*

---

* Voyez n° 22.

Du point O comme centre avec le rayon $d + d' - p$, décrivons un cercle qui rencontre l'orbite relative en deux points N et N', fig. (4). Joignons NO, qui rencontre le cercle d'horizon en B; de ce point, avec le rayon d, décrivons une circonférence, elle représente le disque solaire; décrivons-en une seconde du point N avec le rayon d', elle représente la planète entamant le disque solaire en D. Le point B est celui qui, le dernier, verra l'entrée au lever, et l'impression aura lieu à l'extrémité orientale du diamètre vertical du soleil. A vrai dire l'entrée est invisible, puisqu'elle se fait au-dessous du centre du disque solaire, à l'instant où ce centre atteint l'horizon du point B.

On trouvera de la même manière la position du point B', qui verra la sortie au coucher.

En désignant par θ_1 le temps écoulé depuis l'arrivée de la planète au point N jusqu'à la conjonction, on trouvera sans peine :

$$\theta_1 = \frac{(d + d' - p) \sin (\alpha + \gamma_1)}{\sigma \tan \alpha}.$$

angle γ_1 étant donné par la formule :

$$\sin \gamma_1 = \frac{(D' - D) \sin \alpha}{d + d' - p}.$$

Le temps θ'_1, écoulé depuis la conjonction jusqu'à l'arrivée en N' est :

$$\theta'_1 = \frac{(d + d' - p) \sin (\alpha - \gamma_1)}{\sigma \tan \alpha};$$

et la durée totale est :

$$T_1 = \frac{2 (d + d' - p) \cos \alpha \sin \gamma_1}{\sigma \tan \alpha}.$$

Cette valeur T_1 est la durée minimum du passage.

Les coordonnées géographiques des points B et B' se trouveront comme il a été dit au n° 11.

On pourrait, au lieu des contacts extérieurs, considérer les contacts intérieurs, soit au coucher, soit au lever nous nous dispenserons d'écrire ici les formules relatives à ce cas.

13. *Application au passage de 1874.* Les données à joindre à celles qui ont déjà été employées dans les calculs précédents sont :

Parallaxe ♀ = 32″,44
Parallaxe ⊙ = 8″,71 ;
d'où p = 23″,73.

Heure de l'entrée au coucher. — Nous avons (nº 10):

$$\sin \gamma = \frac{(D' - D) \sin \alpha}{p + d + d}$$

$$d + d' + p = 1030'',12$$

$$\gamma = 53^\circ\, 23'\, 3'',$$

$$\theta = \frac{(p + d + d') \sin (\alpha + \gamma)}{\delta \operatorname{tang} \alpha} = 3^h\, 21^m\, 56^s.$$

L'entrée au coucher aura lieu à

$16^h\, 59^m\, 13^s - 3^h\, 21^m\, 56^s = 13^h\, 37^m\, 17^s$, temps de Greenwich.

Heure de la sortie au lever :

$$\theta' = \frac{(p + d + d') \sin (\alpha - \gamma)}{\delta \operatorname{tang} \alpha} = 1^h\, 36^m\, 43^s;$$

la sortie aura lieu à

$$16^h\, 59^m\, 13^s + 1^h\, 36^m\, 43^s = 18^h\, 35^m\, 56^s.$$

La plus longue durée du passage, depuis le premier contact au coucher jusqu'au dernier contact au lever, est donc de

$$4^h\, 58^m\, 40^s;$$

elle excède de $19^m\, 48^s$ la durée pour le centre de la terre.

Latitude du lieu qui voit l'entrée au coucher. Nous avons (nº 11):

$$\sin \lambda = \cos D \cos (180^\circ - \alpha - \gamma).$$

La déclinaison du soleil à l'entrée est:

$$D = 22^\circ\, 48'\, 31''.$$

On trouve $\lambda = 35^\circ\, 12'\, 17''.$

λ se nomme la latitude corrigée, l la latitude effective. Pour trouver l, voyez nº 22 :

$$l = 35^\circ\, 23' \text{ B.}$$

Longitude du lieu qui voit l'entrée au coucher.

Heure de l'entrée en temps moyen de Greenwich:

$$13^h\, 37^m\, 17^s,$$

et en temps vrai :

$$13^h\, 44^m\, 55^s.$$

Nous avons alors pour l'angle horaire à l'entrée :

$$Q = 206^\circ\, 13'\, 45'' \text{ et } 360^\circ - Q = 153^\circ\, 46'\, 15''.$$

L'angle P (nº 11) est donné par la formule:

$$\operatorname{tang} P = \operatorname{tang} \frac{(180^\circ - \alpha - \gamma)}{\sin D}$$

$$P = 72^\circ\, 44'\, 23''.$$

Donc le lieu qui voit l'entrée au coucher sera à

$$153^\circ\,46'\,15'' + 72^\circ\,44'\,23'' = 226^\circ\,30'\,32'',$$

à l'est de Greenwich, ou encore à

$$133^\circ\,29'\,28'' \text{ de longitude ouest.}$$

Latitude du lieu qui voit la sortie au lever :

$$\sin\lambda' = \cos D \cos(\alpha - \gamma),$$
$$D = 22^\circ\,49'\,43'';$$
$$\lambda' = 58^\circ\,44'\,46''$$
$$l' = 58^\circ\,55' \text{ B.}$$

Longitude du lieu qui voit la sortie au lever :

Heure de la sortie :

$$18^h\,35^m\,56^s, \text{ temps moyen.}$$
$$18^h\,43^m\,28^s, \text{ temps vrai.}$$
$$Q' = 280^\circ\,52' \quad 360^\circ - Q' = 79^\circ\,8'.$$
$$\text{tang } P' = \frac{\text{tang}(\alpha - \gamma)}{\sin D}.$$
$$P' = 46^\circ\,4'\,47''.$$

La longitude est donnée par la formule :

$$360^\circ - Q' - P' = 33^\circ\,3'\,13'' \text{ E.}$$

Heure de l'entrée au lever :

$$\sin\gamma_1 = \frac{(D' - D)\sin\alpha}{d + d' - p},$$
$$d + d' - p = 982'',66.$$
$$\gamma_1 = 57^\circ\,17'\,25''$$
$$\theta_1 = \frac{(d + d' - p)\sin(\alpha + \gamma_1)}{\delta \text{ tang } \alpha} = 3^h\,1^m\,40^s.$$

L'entrée au lever a lieu à

$$16^h\,59^m\,13^s - 3^h\,1^m\,40^s = 13^h\,57^m\,33^s.$$

Heure de la sortie au coucher :

$$\theta'_1 = \frac{d + d' - p)\sin(\alpha - \gamma_1)}{\delta \text{ tang } \alpha} = 1^h\,16^m\,26^s.$$

La sortie au coucher a lieu à

$$16^h\,59'\,13^s + 1^h\,16^m\,26^s = 18^h\,15'\,39^s.$$

Latitude du lieu qui voit l'entrée au lever :

$$\cos(90^\circ + \lambda_1) = \cos(\alpha + \gamma_1)\cos D,$$
$$D = 22^\circ\,48'\,37'';$$
$$90^\circ + \lambda_1 = 128^\circ\,37'\,12'',$$
$$\lambda_1 = 38^\circ\,37'\,12'',$$
$$l_1 = 38^\circ\,48' \text{ A.}$$

Longitude du lieu qui voit l'entrée au lever :

Heure moyenne de l'entrée . . $13^h\ 57^m\ 33^s$,

Heure vraie . . . . $14^h\ 5^m\ 11^s$,

Angle horaire $Q_1 = 211^\circ\ 17'\ 45''$; $360^\circ - Q_1 = 148^\circ\ 42'\ 15''$

$$\text{tang } P_1 = \frac{\text{tang}\,(\alpha_1 + \gamma_1)}{\sin D},$$

$$P_1 = 109^\circ\ 37'\ 54''.$$

Le point désigné par B dans la fig. (4) est à l'ouest du méridien de la conjonction, on prendra dès lors pour la longitude de ce point:

$$360^\circ - Q_1 - P_1 = 39^\circ\ 4'\ 21''\ \text{E}.$$

Latitude du lieu qui voit la sortie au coucher :

$$D = 22^\circ\ 49'\ 41'',$$

$$\lambda'_1 = 61^\circ\ 12'\ 30'',$$

$$l'_1 = 61^\circ\ 22'\ \text{A}.$$

Longitude du lieu qui voit la sortie au coucher :

Heure moyenne de la sortie . . $18^h\ 15^m\ 39^s$,

Heure vraie . . . . $18^h\ 23^m\ 12^s$,

Angle horaire $Q'_1 = 275^\circ\ 48'$; $360^\circ - Q'_1 = 84^\circ\ 12'$

$$P'_1 = 139^\circ\ 59'\ 39''$$

La longitude du point B' fig. (4) sera:

$$360^\circ - Q'_1 + P'_1 = 224^\circ\ 11'\ 39''\ \text{E},$$

ou $135^\circ\ 48'\ 21^s$ ouest de Greenwich.

14. *Récapitulation des résultats précédents en rapportant au méridien de Paris pour le 8 décembre.*

Paris est à $2^\circ\ 20'\ 15''$ à l'est de Greenwich.

La différence des heures est $9^m\ 21^s$.

Heure de l'entrée au coucher : $13^h\ 47^m$.

Coordonnées du point A, fig. (3) $\begin{cases} \text{latitude } 35^\circ\ 23'\ \text{B.} \\ \text{longitude } 135^\circ\ 50'\ \text{O.} \end{cases}$

Heure de la sortie au lever : $18^h\ 45^m$.

Coordonnées du point A', fig. (3) $\begin{cases} \text{latitude } 58^\circ\ 55'\ \text{B.} \\ \text{longitude } 30^\circ\ 43'\ \text{E.} \end{cases}$

Heure de l'entrée au lever : $14^h\ 7^m$.

Coordonnées du point B, fig. (4) $\begin{cases} \text{latitude } 38^\circ\ 48'\ \text{A.} \\ \text{longitude } 36^\circ\ 44'\ \text{E.} \end{cases}$

Heure de la sortie au coucher : $18^h\ 25^m$.

Coordonnées du point B', fig. (4) { latitude 61° 22′ A.
{ longitude 138° 9′ O.

Si l'on compare les positions géographiques des deux lieux de la terre qui voient l'entrée au coucher et l'entrée au lever, on trouve qu'ils sont à peu près diamétralement opposés; il en est de même des deux points qui voient la sortie au lever et la sortie au coucher.

15. *Trouver le lieu d'où l'on peut apercevoir l'entrée vers le coucher du soleil et la sortie vers le lever, le milieu du passage ayant lieu au méridien.*

Pour déterminer un pareil point approximativement, nous ferons observer que le milieu du passage doit s'y produire quand le soleil arrive au méridien inférieur. Or, le milieu du passage pour le centre de la terre a lieu à $16^h\ 15^m$, temps moyen de Paris (n° 6), et puisque, pour le point cherché, il doit être alors minuit ou 12^h, ce point sera à $4^h\ 15^m$ à l'ouest de Paris, soit 64° environ de longitude ouest.

Il est vers le pôle austral et par conséquent au sud par rapport au soleil. Vénus y sera relevée par l'effet de la parallaxe. La durée du passage sera diminuée, quoique restant toujours supérieure à $4^h\ 18^m$ (n° 14).

Cherchons donc le point pour lequel l'arc de parallèle nocturne répond à une durée de $4^h\ 18^m$, et nous serons certains que l'observateur placé sur ce parallèle verra l'entrée un peu avant le coucher du soleil, et la sortie un peu après le lever.

Désignant par λ la latitude cherchée, par AH l'angle horaire du soleil à l'horizon et par D la déclinaison de l'astre, nous avons la formule :

$$\text{tang}\,\lambda = \frac{\cos(180° - AH)}{\text{tang}\,D},$$

dans laquelle

$$180 - AH = \frac{4^h\ 18^m}{2}.15 = \frac{64°\ 30'}{2} = 32°\ 15'$$

et

$$D = 22°\ 49'.$$

On trouve ainsi :

$$\lambda = 63°\ 31'$$

et pour la latitude vraie :

$$l = 63°\ 40'$$

Les coordonnées géographiques que nous venons d'obtenir, répondent à une île située bien au sud du cap *Horn*, et désignée par les navigateurs sous le nom d'île Louis-Philippe, près la *terre de Palmer*.

Il ne serait pas plus difficile d'assigner un lieu avancé vers le nord et aussi éloigné que possible du précédent, d'où l'on pourra observer l'entrée au lever du

soleil et la sortie au coucher. Il sera situé vers 116° de longitude est et 63° de latitude nord. En jetant les yeux sur une carte de la Russie asiatique, nous ne trouvons aucun lieu habité dans le voisinage du point qui répond à ces coordonnées.

16. Nous expliquerons bientôt comment on arrive à prédire, par le calcul, les différentes circonstances que présente le passage de Vénus pour un lieu déterminé de la terre, et nous verrons aussi les conséquences que l'on peut tirer de la combinaison du calcul avec l'observation; mais ce que l'on doit se proposer avant tout, c'est d'assigner les lieux d'où l'on pourra faire les observations les plus avantageuses pour arriver à la connaissance de la parallaxe du soleil. Nous atteindrons ce but très-simplement et d'une manière suffisamment exacte, en opérant comme il suit.

On se servira d'un globe terrestre que l'on disposera de façon que l'inclinaison de l'axe du monde sur l'horizon soit égale à la déclinaison du soleil, elle est ici 22° 49′ A.

On amènera Paris sous le méridien fixe, en même temps que l'index du cercle des heures sur 12^h, puis on fera tourner le globe, de l'ouest à l'est, de l'angle horaire répondant à $13^h\ 47^m$, heure du commencement au coucher.

Dans cette première position du globe, le soleil se couche en même temps pour tous les points de l'horizon oriental, et se lève en même temps pour tous ceux de l'horizon occidental, tandis que les lieux situés sous le méridien fixe auront midi. L'horizon fixe du globe détermine ainsi tous les lieux qui voient l'entrée de Vénus au coucher, et aussi, à peu de chose près, ceux qui voient l'entrée au lever. Les premiers sont situés sur l'horizon oriental, les seconds sur l'horizon occidental. A la vérité, tous les lieux qui sont à l'horizon oriental ne voient pas l'entrée en même temps (à $13^h\ 47^m$); cela n'arrive rigoureusement que pour le point situé à 135° 49′ de longitude ouest et à 35° 23′ de latitude boréale (n° 14). Pour tous les autres, le passage commencera un peu plus tard.

Tous les lieux qui sont à l'horizon oriental verront à peine le commencement, et du reste ils ne verront rien du passage. Les lieux situés à l'horizon occidental verront l'entrée et la continuation du phénomène. Ceux qui sont dans l'hémisphère éclairé, verront le phénomène totalement ou partiellement, d'autant plus ou d'autant moins qu'ils seront plus rapprochés ou plus éloignés de l'horizon occidental.

Ayant ramené Paris sous le méridien fixe, et l'index sur 12^h, on fera de nouveau tourner le globe de l'ouest à l'est d'un angle répondant à $18^h\ 45^m$, heure de la sortie au lever. Dans cette seconde position, le globe indiquera tous les lieux de l'horizon oriental qui verront la fin au coucher, et ceux de l'horizon occidental qui verront la fin au lever.

17. Connaissant ces deux grands cercles de l'horizon, il sera facile de connaître aussi les lieux d'où l'on pourra faire les observations les plus avantageuses pour en déduire la parallaxe du soleil, ceux, en d'autres termes, où la parallaxe modifiera de la manière la plus sensible les circonstances du passage tel qu'il serait observé du centre de la terre. Ainsi dans la première position, la *Nouvelle Calédonie* est près du méridien fixe, et le soleil presqu'au zénith : on apercevra de cette station l'entrée à peu près telle qu'on la verrait du centre de la terre.

Dans la seconde position, la Calédonie est encore au-dessus de l'horizon oriental, mais elle en est très-rapprochée, le soleil n'y est pas encore couché; on y verra donc aussi la fin du passage, et par conséquent toute la durée. La parallaxe est nulle à l'entrée, mais elle est considérable à la sortie, et la durée du passage sera par là même diminuée, parce que la latitude de Vénus étant boréale, les lieux situés au sud de la droite qui passe par le soleil supposé fixe, verront *Vénus* relevée ou plus éloignée du centre de l'astre.

Pondichéry, Calcutta et les différentes villes situées sur le golfe du Bengale verront l'entrée au lever et la sortie vers le passage au méridien. On y apercevra donc le phénomène pendant toute la durée. Ces lieux étant d'ailleurs au nord du soleil, *Vénus* y sera abaissée par la parallaxe ou rapprochée du centre de l'astre, la durée sera par là même augmentée.

Le passage de 1874 ne pourra pas être observé dans nos contrées. L'Europe orientale verra seule la fin au lever; on pourra l'observer de Naples, de Bude, de Vilna, de Moscou, de Kasan.

18. Les lieux A et B, fig. (5), qui voient, le premier, le commencement au coucher, le second, le commencement au lever, sont à très-peu près sur un même diamètre, passant par Vénus. Soit alors t le temps écoulé depuis l'entrée au coucher jusqu'à l'entrée au lever, exprimé en minutes; ici $t = 20$ (n° 14). On partagera AB en t parties égales, puis on mènera par les points de division x, x', etc., des cordes perpendiculaires à AB. Les cercles perpendiculaires à cette ligne et ayant ces cordes pour diamètres, auront tous les points de leur circonférence sensiblement à la même distance de *Vénus*. D'après cela, si des points A, x, x', etc., comme centres, avec les rayons AV, xu, $x'u'$, etc., égaux à $d + d'$, on décrit des arcs de cercle coupant l'orbite apparente en V, u, u', etc., il arrivera qu'au point A, on verra l'entrée au coucher quand le centre de la planète est en V. Sur le parallèle passant par x, on verra l'entrée quand le centre de la planète est en u. Sur le parallèle passant par x', on verra l'entrée quand la planète est en u' et ainsi de suite.

Le point A est le pôle commun à tous les parallèles, et si X représente l'intervalle au pôle du cercle mené par x, l'arc X sera donné par la formule :

$$\cos X = 1 - \frac{x}{2t},$$

dans laquelle x exprime des minutes. Que l'on décrive donc du point A comme pôle avec l'intervalle X une circonférence, tous les lieux qui y seront situés, verront l'entrée x minutes plus tard que le point A.

De même A' et B' désignant les points qui voient le dernier contact au lever et le dernier contact au coucher, on obtiendra facilement le cercle ayant le point A' pour pôle, et pour lequel la sortie aura lieu x minutes plus tôt que pour le point A'.

On peut tracer de pareils cercles sur le globe en même nombre que t renferme de minutes, et même reporter, si l'on veut, ces cercles du globe sur un planisphère. Supposons que par un lieu du globe il passe un cercle du premier système pour lequel $x = 8$, alors l'entrée se fera 8^m plus tard que pour le point A, c'est-à-dire à

$$13^h\,47^m + 8^m = 13^h\,55^m,$$

et si par le même lieu passe un cercle du second système pour lequel $x = 4$, c'est que ce lieu verra la sortie 4^m plus tôt que le point A', c'est-à-dire à

$$18^h\,45^m - 4^m = 18^h\,41^m.$$

La durée totale du passage pour un pareil lieu sera donc :

$$18^h\,41^m - 13^h\,55^m = 4^h\,46^m,$$

elle excède de 7^m la durée relative au centre de la terre que nous avons trouvée égale à $4^h\,39^m$.

De cette façon, on assignera facilement tous les lieux du globe pour lesquels la durée a une valeur donnée, et aussi ceux pour lesquels cette durée a une valeur plus ou moins considérable.

19. Examinons encore le passage pour Calcutta, et voyons comment nous pourrons assez simplement, par une construction, trouver l'heure du commencement et celle de la fin à une minute près. On tracera sur une feuille de papier, fig. (6), un cercle ayant même rayon que le globe, et l'on divisera son diamètre en autant de parties égales qu'il y a d'unités dans t, ici $t = 20$, et par les points de division on mènera des perpendiculaires à ce diamètre jusqu'à leur rencontre avec la circonférence, ce qui donnera les divisions

$$0, 1, 2, 3 \ldots\ldots 19, 20,$$

0 et 20 étant aux deux extrémités du diamètre.

Cela posé, ayant marqué sur le globe le point A dont nous avons déterminé les coordonnées géographiques, on y placera l'une des pointes d'un compas sphérique,

l'autre étant arrêtée sur *Calcutta*. On reviendra ensuite au cercle, et l'une des pointes du compas étant au 0, on verra à quelle division s'arrête l'autre : on trouvera que c'est à la 13e, le retard de l'entrée à Calcutta sur l'entrée au point A est donc 13^m. Le phénomène commencera pour Calcutta à

$$13^h\,46^m\,38^s + 13^m = 13^h\,59^m\,38^s.$$

La différence des méridiens de Calcutta et de Paris est $5^h\,44^m$. Le passage commencera donc à

$$13^h\,59^m\,38^s + 5^h\,44^m = 19^h\,43^m\,38^s.$$

Nous verrons un peu plus loin que ce résultat présente l'approximation désirable. On trouvera de la même manière l'heure de la sortie.

20. La différence entre l'heure du dernier contact au lever et celle du dernier contact au coucher étant de 20^m, comme plus haut (n° 14), on pourra se servir du même cercle qu'au numéro précédent. Ayant donc marqué sur le globe le point A' qui voit le dernier contact au lever, on placera l'une des pointes du compas en A', l'autre étant arrêtée sur Calcutta; revenant ensuite au cercle, et plaçant une des pointes sur le 0, l'autre s'arrêtera à la division 4, ce qui veut dire que le passage finit à Calcutta 4^m plus tôt que pour le point A'. On aura donc pour l'heure de la fin :

$$18^h\,45^m\,17^s - 4^m = 18^h\,41^m\,17^s, \text{ temps de Paris,}$$

ou :

$$18^h\,41^m\,17^s + 5^h\,44^m = 24^h\,25^m\,17^s, \text{ temps de Calcutta.}$$

Le passage commence en cette ville le 9 décembre à $7^h\,44^m$, et finit à midi 25^m.

21. Ce procédé nous fournit, comme nous l'avons dit plus haut, un moyen fort simple de déterminer différents points habitables du globe, d'où l'on pourra observer commodément et avec un effet de parallaxe sensible le premier contact extérieur et intérieur, ou bien encore le dernier contact intérieur et extérieur; nous avons dressé de ces lieux le tableau suivant, auquel il serait aisé de donner plus d'étendue.

Premier contact extérieur.

LOCALITÉS.	HEURE DE PARIS.	HEURE POUR LE CENTRE DE LA TERRE.	DIFFÉRENCE.
Iles Sandwich . . .	$13^h\,48^m$		$+ 8^m$
Iles Marquises . . .	$13^h\,50^m$	—	$+ 6^m$
Réunion	$14^h\,6^m$	$13^h\,56^m$	$- 10^m$

Dernier contact extérieur.

LOCALITÉS.	HEURE DE PARIS.	HEURE POUR LE CENTRE DE LA TERRE.	DIFFÉRENCE.
Calcutta	$18^h\,41^m$		$- 6^m$
Sidney	$18^h\,29^m$	$18^h\,35^m$	$+ 6^m$
Moscou.	$18^h\,45^m$		$- 10^m$

Les lieux qui, dans le tableau précédent, sont sous le titre : *Premier contact extérieur*, auront un effet de parallaxe sensible à l'entrée, les îles Sandwich et les îles Marquises ne verront pas la sortie; à la Réunion, l'effet de la parallaxe sera presque nul à la sortie. Les lieux désignés sous le titre : *Dernier contact extérieur*, auront, au contraire, un effet de parallaxe sensible à la sortie. Pour Calcutta et Sidney, il ne sera que de 3^m à l'entrée; Moscou ne verra pas le commencement du phénomène.

Il est des lieux d'où l'on peut observer l'entrée au coucher et la sortie au lever, ou bien l'entrée au lever et la sortie au coucher, ce qui permettra d'y faire, d'une manière avantageuse, l'observation complète du passage.

Ainsi, à l'île Louis-Philippe, l'entrée aura lieu à $14^h\ 2^m$, et la sortie à $18^h\ 26^m$, tandis que, pour le centre de la terre, l'entrée est à $13^h\ 56^m$, et la sortie à $18^h\ 35^m$; la durée du passage est inférieure de 15^m à celle qui est relative au centre de la terre.

Pour le point de la Russie asiatique, l'entrée a lieu à $13^h\ 54^m$, et la sortie à $18^h\ 44^m$; la durée du passage excède de 11^m celle qui est relative au centre de la terre.

De pareils lieux offriraient de bonnes stations, s'ils n'étaient situés dans des régions inaccessibles ou des parages inhospitaliers.

Passage de Vénus pour un lieu déterminé de la terre.

22. Avant d'aborder cette question, nous allons traiter quelques problèmes dont il est indispensable de connaître la solution.

Connaissant la latitude d'un lieu ou la hauteur du pôle en ce lieu, trouver la latitude corrigée.

La terre étant un ellipsoïde aplati aux pôles, les normales aux différents points ne passent pas par le centre. On nomme *latitude corrigée* l'angle que fait avec l'équateur le rayon terrestre mené par le lieu que l'on considère. Ainsi, dans la fig. (7), $MAE = l$ est la *latitude*, $MOE = \lambda$ est la latitude corrigée. Prenons pour unité le demi-diamètre équatorial de l'ellipse méridienne, nommons e son excentricité, et soient x, y les coordonnées d'un de ses points, nous aurons:

$$\operatorname{tang} \lambda = \frac{y}{x} \text{ et } \operatorname{tang} l = \frac{y}{x(1-e^2)},$$

d'où

$$\operatorname{tang} \lambda = (1 - e^2) \operatorname{tang} l.$$

On introduit ordinairement dans cette formule l'aplatissement. Désignons-le par a, il viendra :

$$a = 1 - \sqrt{1 - e^2} \text{ ou } e^2 = 2a - a^2$$

et en négligeant le carré de l'aplatissement :

$$e^2 = 2\,a.$$

Prenant pour l'aplatissement $\frac{1}{300}$, on aura :

$$\text{tang}\,\lambda = 0{,}99333\ \text{tang}\,l.$$

Pour Paris :

$$l = 48^{\circ}\,50'\,13'' \quad \lambda = 48^{\circ}\,38'\,49''.$$

Pour Calcutta :

$$l = 23^{\circ}\,33'\,11'' \quad \lambda = 23^{\circ}\,24'\,45''.$$

Il n'est pas plus difficile de passer de la latitude corrigée à la latitude vraie. On a, en effet,

$$\text{tang}\,l = \frac{\text{tang}\,\lambda}{0{,}99333} = 1{,}00670.\ \text{tang}\,\lambda.$$

Connaissant la parallaxe horizontale équatoriale d'un astre, trouver sa parallaxe pour une latitude donnée.

La parallaxe équatoriale d'un astre est l'angle sous lequel on verrait de cet astre, supposé à l'horizon, le demi-diamètre de l'équateur. Désignant par π cette parallaxe, par 1 le demi-diamètre équatorial, et par R la distance de l'astre à la terre, on a :

$$\sin\pi = \frac{1}{R} \quad \text{ou}\ \pi = \frac{1}{R\sin 1''}.$$

La *parallaxe*, pour un point donné de la terre, est l'angle sous lequel on voit de l'astre supposé à l'horizon le rayon terrestre passant par ce point. Or, on peut, sans erreur appréciable, regarder ce rayon comme perpendiculaire au plan tangent. En désignant alors par p la parallaxe horizontale, pour le lieu dont la latitude corrigée est λ, et par r le rayon, il vient :

$$\sin p = \frac{r}{R},$$

ou

$$p = r\,\pi.$$

Il reste à trouver r. Or les coordonnées du point donné sont : $r\cos\lambda$, et $r\sin\lambda$.

$$1 \text{ et } \sqrt{1 - e^2}$$

étant les demi-axes de l'ellipse méridienne, il vient :

$$r^2 = \frac{1 - e^2}{1 - e^2\cos^2\lambda},$$

et en négligeant les puissances de l'excentricité supérieures à la seconde, un calcul facile donne :

$$r = 1 - \frac{e^2}{2}\sin^2\lambda = 1 - a\sin^2\lambda.$$

Donc enfin :

$$p = \pi\,(1 - a\sin^2\lambda).$$

Exemple. *Sachant que la parallaxe horizontale équatoriale de Vénus est 32″,44, trouver cette parallaxe pour Calcutta.*

Pour Calcutta :

$$\lambda = 23^{\circ}\,24'\,45'',$$

et l'on trouvera :

$$1 - a\sin^2\lambda = 0{,}99947,$$

d'où,

$$p = 32'',44 \times 0{,}99947 = 32'',42.$$

Étant donnée l'heure moyenne d'un lieu pour un certain jour d'une certaine année, trouver l'heure vraie et l'angle horaire.

Proposons-nous de calculer, pour le 9 décembre 1874, l'heure vraie de Calcutta, quand il est dans cette ville $7^h\,43^m$ du matin, temps moyen. Si l'on compte, en temps civil, 9 décembre $7^h\,43^m$, les astronomes comptent 8 décembre $19^h\,43^m$, et puisque la différence des méridiens de Paris et de Calcutta est de $5^h\,44^m$, il est, à l'instant considéré, $13^h\,59^m$ à Paris. Rien ne serait plus simple que de trouver le temps vrai, si nous avions la *Connaissance des temps pour 1874;* ne l'ayant pas à notre disposition, voyons comment nous arriverons à la solution de la question, avec la précision nécessaire, sans passer par les formules de l'astronomie dont l'application est laborieuse. En jetant les yeux sur une collection de la *Connaissance des temps* embrassant un certain nombre d'années, on reconnaîtra, immédiatement, qu'au bout de quatre ans, c'est-à-dire après un nombre entier d'années juliennes, l'équation du temps revient sensiblement la même aux mêmes dates; la différence peut atteindre environ 2 secondes.

D'après cela, on pourra prendre pour l'équation du temps au 8 décembre 1874 celle du 8 décembre 1862, savoir : $7^m\,53^s,35$ *. Si l'on veut plus d'exactitude, on dira : Du 8 décembre 1862 au 8 décembre 1874, il s'est écoulé 4383 jours, et en 12 années tropiques, il s'est écoulé $4382^j,9064$; mais au bout d'un nombre entier d'années tropiques, l'équation du temps reprend la même valeur; ainsi, après $4382^j,9064$, l'équation du temps est $7^m\,53^s,35$. Or, elle diminue le 8 décembre 1862, et, par conséquent, aussi le 8 décembre 1874, de $26^s,69$ en un jour : multipliant $26^s,69$ par 0,0946, différence entre le nombre de jours que comprennent les 12 années civiles et les 12 années tropiques, nous trouverons $2^s,50$, et l'équation du temps sera dès lors :

$$7^m\,53^s,35 - 2^s,50 = 7^m\,50^s,85.$$

Pour trouver ce qu'elle sera à $13^h\,59^m$, il suffira de former le produit :

$$26^s,69 \times \frac{13{,}59}{24} = 15^s,13.$$

* Voyez la *Connaissance des temps pour* 1862.

L'heure vraie de Paris sera, par conséquent,

$$13^h\ 59^m + 7^m\ 50^s{,}9 - 15^s{,}1 = 14^h\ 6^m\ 35^s{,}8,$$

celle de Calcutta sera : $19^h\ 50^m\ 36^s$,

et l'angle horaire: $H_1 = 297^\circ\ 39'$.

Trouver à un instant donné la déclinaison du soleil.

Le tableau de M. Airy nous apprend que, à $16^h\ 59^m\ 13^s{,}2$, temps de Greenwich, ou à $17^h\ 8^m\ 34^s{,}2$, temps de Paris, la déclinaison du soleil est:

$$22^\circ\ 49'\ 22'',4\ \text{A}.$$

Cherchons quelle sera la déclinaison de l'astre quand il est $19^h\ 43^m$ à Calcutta ou $13^h\ 59^m$ à Paris. De $13^h\ 59^m$ à $17^h\ 8^m\ 34^s{,}2$, il s'est écoulé $3^h\ 9^m\ 34^s{,}2$; or, la variation dans 1 heure est, à cette époque, de 11'', et pour $3^h\, 9^m\ 34^s{,}2$, elle sera 34'',8.

La déclinaison du soleil à l'instant considéré est donc:

$$22^\circ\ 48'\ 50''.$$

23. *Calculer pour un instant donné les coordonnées du centre de la planète.*

Les tables de la planète donnent le mouvement en ascension droite et en déclinaison.

Mouvement en $Æ = A = h\,t + \eta\,t^2$, O.

Mouvement en $D^{on} = D'' = \delta\,t + \gamma\,t^2$, B,

t désignant le temps écoulé à partir de la conjonction.

Considérons le triangle sphérique dont les côtés sont $90 + D'$ et $90 + D' - D''$; ils comprennent entre eux l'angle A, et le troisième côté de ce triangle sera le chemin parcouru par la planète sur son orbite relative pendant le temps t. On aura, par conséquent:

$$\cos a = \sin D' \sin (D' - D'') + \cos D' \cos (D' - D'') \cos A$$

ou bien :

$$1 - 2 \sin^2 \tfrac{1}{2}\, a = \cos D'' \cos^2 \tfrac{1}{2}\, A - \cos (2\, D' - D'') \sin^2 \tfrac{1}{2}\, A;$$

à cause de la petitesse des arcs a, D'' et A, une réduction facile donnera:

$$a^2 = D''^2 + A^2 \cos^2 \left(D' - \frac{D''}{2}\right),$$

a est l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit sont:

$$D'' \text{ et } A \cos \left(D' - \frac{D''}{2}\right).$$

Prenant alors pour axe des x la trace du méridien de la conjonction, fig. (8), et pour axe des y la perpendiculaire à cette ligne, nous aurons, pour les coordonnées de la planète :

$$OQ = x = D'\ D + D'',$$
$$PQ = y = A \cos \left(D' - \frac{D''}{2}\right).$$

On trouve immédiatement :

$$x = D' - D + \delta t + \gamma t^2.$$

Quant à la valeur de y, on lui donne la forme suivante. Développons $\cos\left(D' - \frac{D''}{2}\right)$, il vient :

$$\cos\left(D' - \frac{D''}{2}\right) = \cos D' \cos\frac{D''}{2} + \sin D' \sin\frac{D''}{2},$$

et, vu la petitesse de D'',

$$y = A \cos D' + A\frac{D''}{2}\sin D' = A\cos D'\left(1 + \frac{D''}{2}\operatorname{tang} D'\right)$$

et, par conséquent :

$$y = \cos D'\left[ht + t^2\left(\eta + \frac{\delta}{2}\sin h \operatorname{tang} D'\right)\right].$$

Telle est la valeur de y que l'on emploie dans les calculs de précision, mais qu'on peut, dans un grand nombre de cas, réduire à $ht \cos D'$, comme nous avons fait au n° 5, entre autres*.

Dans ces formules, t est négatif avant la conjonction, positif après la conjonction ; la partie positive de l'axe des x est dirigée vers le nord, la partie positive de l'axe des y est dirigée vers l'ouest, et l'on considère les positions de la planète telles qu'elles se présentent dans le passage de 1874.

24. *Trouver pour un instant donné la projection d'un point de la terre dont on connaît la longitude et la latitude.*

Soit encore t le temps écoulé depuis la conjonction, H l'angle horaire du soleil vrai à la conjonction compté à partir du méridien de Paris et, selon l'usage, de l'est à l'ouest. Soit L la longitude du lieu comptée de l'ouest à l'est (H et L sont supposés exprimés en temps), l'angle horaire du soleil pour le méridien dont la longitude est L sera :

$$H_1 = H + L + t.$$

Soit l la latitude du lieu et π la parallaxe équatoriale de la planète. Avec l, on

* Il est à observer que si l'on compare les résultats trouvés, n° 8, avec ceux qui sont donnés par M. Airy, l'on trouve des différences qui peuvent s'élever à quelques secondes. Cela tient à ce que nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs des termes du second ordre ; si l'on voulait y avoir égard, il faudrait déterminer t au moyen de l'équation :

$$(D' - D + \delta t + \gamma t^2)^2 + \cos^2 D'\left[ht + t^2\left(\eta + \frac{\delta}{2}\sin h \operatorname{tang} D'\right)\right]^2 = (d + d')^2.$$

Au n° 8, on a trouvé une première valeur approchée de t, elle est, s'il s'agit de l'entrée, — $3^h,20833$. On la corrigera en employant la formule différentielle :

$$dt = -\frac{\gamma t^2 [D' - D + \delta t] + ht^2 \cos^2 D'\left(\eta + \frac{\delta}{2}\sin h \operatorname{tang} D'\right)}{(D' - D + \delta t + \gamma t^2)(\delta + 2\gamma t) + \cos^2 D'\left[ht + t^2\left(\eta + \frac{\delta}{2}\sin h \operatorname{tang} D'\right)\right] h + 2t\left(\eta + \delta \sin h \operatorname{tang} D'\right)},$$

dans laquelle dt exprime une petite fraction d'heure.

calculera la latitude corrigée λ, et ensuite la parallaxe horizontale p relative à cette latitude.

Cela posé, décrivons du centre O, fig. (9), un cercle avec le rayon p, D étant la déclinaison du soleil; la ligne des pôles PP' fera avec la trace du méridien de la conjonction ou avec la ligne de terre l'angle D. Soit m' la projection verticale du point M dont on connaît les coordonnées géographiques, soit aussi $G'\,G''$ la projection verticale du parallèle de ce point, le point M sera rabattu en M_1; prenons $\mu\, m = m'\, M_1$, le point m sera la projection horizontale de M, et en désignant par x_1, y_1 les coordonnées de ce point m, nous aurons:

$$x_1 = O\mu = Oi + IK = p \sin\lambda \cos D + p \cos\lambda \sin D \cos(H + L + t)$$
$$y_1 = m\mu = m'\,M_1 = -p \cos\lambda \sin(H + L + t).$$

Il est bien entendu que dans ces formules $H + L + t$ est converti en arc*.

Ces coordonnées x_1, y_1 feront connaître la projection du point M, projection qui sera aussi celle du point où l'observateur placé en M reporterait le centre du soleil si l'astre était situé à l'infini.

Mais le soleil ayant une parallaxe d'environ 9″, il faudra, si l'on veut en tenir compte, faire une petite correction. Soit M, fig. (10), la position de l'observateur, XX le plan contenant la ligne qui représente l'orbite relative, et S la position du soleil. L'observateur qui reporte la position du soleil en M' quand l'astre est supposé à l'infini, la reporte actuellement en N, intersection de MS avec le plan XX. Ce point N est projeté en n, et lorsqu'on aura à considérer la distance des centres de la planète et du soleil, ce n'est pas en m qu'on devra placer le centre du soleil, mais bien en n; rien de plus facile d'ailleurs que de passer des premières coordonnées aux secondes.

Soient x_1, y_1 les coordonnées du point m; x', y' celles du point n, nous aurons :

$$x' = x_1 \times \frac{On}{Om}, \quad y' = y_1 \times \frac{On}{Om}.$$

Appelons R la distance du soleil à la terre, et z la hauteur du point M au-dessus du plan de projection.

La distance OK de la planète à la terre étant prise pour unité, il viendra :

$$\frac{On}{Om} = \frac{NK}{MG} = \frac{SK}{SG} = \frac{R-1}{R-z},$$

donc :

$$\frac{On}{Om} = \frac{1 - \frac{1}{R}}{1 - \frac{z}{R}} = \frac{1 - \frac{p'}{p}}{1 - \frac{z}{R}}.$$

* L'angle horaire H se compte de l'est à l'ouest, à partir du méridien supérieur; il est égal à $360° - M_1IG$, fig. (9).

p désignant la parallaxe de la planète, et p' celle du soleil; négligeant d'ailleurs $\frac{z}{R}$, qui est inférieur à $\frac{1}{24000}$, il vient : $\frac{On}{Om} = \frac{p-p'}{p}$,
et aussi :

$$x' = x_1 . \frac{p-p'}{p}, \; y' = y_1 . \frac{p-p'}{p}.$$

Nous voyons, d'après cela, que les valeurs de x' et de y' sont les mêmes que celles qui ont été trouvées pour x_1 et y_1, à la condition de désigner par p, non plus la parallaxe de la planète, mais bien cette parallaxe diminuée de celle du soleil.

25. *Trouver à un instant donné, et pour un lieu donné, la distance angulaire des centres de la planète et du soleil.*

La distance S des centres des deux astres sera donnée par la formule:

$$S^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2.$$

Cette valeur de S, exprimée en secondes, donnera l'angle sous lequel on verra les centres des deux astres du point m, projection de M. Mais comme la distance Mm est négligeable devant celle de la planète à la terre, la formule précédente donnera avec une exactitude suffisante l'angle cherché.

Application des formules précédentes au calcul du passage pour Calcutta.

26. Nous allons montrer, sur un exemple, comment on peut calculer les différentes circonstances du passage en un lieu donné. Nous ne choisirons ni Paris, ni aucun lieu du voisinage; car, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, le passage de 1874 sera invisible dans nos contrées. Prenons donc un lieu de la terre facilement accessible, présentant toutes les ressources nécessaires, et d'où l'on pourra observer l'entrée et la sortie. Nous choisirons Calcutta qui remplit toutes les conditions désirables. (Voy. n°s 19 et 20.)

Nous avons trouvé (mêmes numéros) des valeurs approchées pour l'heure de l'entrée et pour celle de la sortie; nous considérerons ces valeurs comme fournissant une première approximation, et nous nous en servirons pour continuer le calcul.

L'*entrée* a lieu vers $19^h\ 43^m$, temps de Calcutta. Cherchons pour ce temps les coordonnées de la planète et du soleil, ainsi que la distance angulaire des deux astres.

La conjonction ayant lieu à $22^h\ 52^m\ 34^s,2$, heure de Calcutta, si t désigne le temps compté à partir de la conjonction:

$$t = -\ 3^h\ 9^m\ 34^s,2 = -\ 3^h,1595,$$

et les formules du nº 23 donnent :

$$x = 657'',14,$$
$$y = -754'',58.$$

Pour trouver x' et y' on prendra (nº 22) :

$$D = 22^\circ\, 48'\, 50'',$$

et $$H + t + L = 19^h\, 50^m\, 36^s,$$

d'où l'angle horaire :

$$H_1 = 297^\circ\, 39'.$$

On prendra d'ailleurs :

$$p = 32'',42 - 8'',71 = 23'',71,$$

avec $$\lambda = 23^\circ\, 24'\, 45''.$$

On arrivera avec ces données, par les formules du nº 24, à

$$x' = 12'',60,$$
$$y' = 19'',27.$$

La distance des centres est donnée par la formule :

$$S = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} = \frac{x - x'}{\cos\psi},$$

en posant :

$$\frac{y - y'}{x - x'} = \text{tang}\,\psi.$$

Les valeurs de $x - x'$ et de $y - y'$ sont :

$$x - x' = 644'',54, \quad y - y' = -773'',85.$$

On en déduit :

$$180^\circ - \psi = 50^\circ\, 12'\, 32'',$$

avec $$S = 1007'',45;$$

mais $$d + d' = 1006'',39.$$

Cette dernière valeur comparée à celle de S montre que le passage n'est pas encore commencé. La différence des valeurs de S et de $d + d'$ est $1'',04$.

Cherchons actuellement x, y, x', y', pour $19^h\, 44^m$.

En désignant par dx et dy les corrections à faire sur x et y, nous aurons :

$$dx = \delta . dt,$$
$$dy = h \cos D' . dt,$$
$$dt = \frac{1}{60},$$

et, par suite ;

$$dx = 1'',04, \quad dy = 3'',98.$$

Les nouvelles coordonnées de la planète seront donc :

$$x = 658'',18, \quad y = -750'',60.$$

Les nouvelles valeurs de x' et de y' se calculeront à l'aide des formules différentielles :

$$dx' = -p\frac{\pi}{12}\sin H_1 \cos\lambda \sin D dt = 0'',04$$

$$dy' - = p'\frac{\pi}{12}\cos H_1 \cos\lambda\, dt = -0'',05,$$

et dès lors :

$$x' = 12'',64, \quad y' = 19'',22.$$

Formons :

$$x - x' = 645'',64, \quad y - y' = -769'',82,$$

et

$$180^\circ - \psi = 50^\circ\, 1'.$$

Calculant S avec ces nouveaux éléments, nous trouverons :

$$S = 1004'',63.$$

Cette valeur rapprochée de 1006",39 donne pour différence 1",76; on voit d'ailleurs qu'à $19^h\,44^m$ le passage est déjà commencé.

27. Rien de plus facile actuellement que de calculer à une seconde près l'heure du commencement. Formons à cet effet la différence des valeurs de S, elle est 2",82. C'est la quantité dont a varié la distance des centres en une minute. Mais à $19^h\,43^m$ la distance des centres est 1007",45; elle doit encore diminuer de 1",04, pour que le premier contact extérieur commence, et divisant 1,04 par 2,82, nous aurons la fraction de minute qu'il faut ajouter à $19^h\,43^m$. Faisant la division et convertissant en secondes, nous trouvons 23^s.

Ainsi le passage commence à Calcutta le 8 décembre à

$$19^h\,43^m\,23^s,$$

ou, en temps civil, le 9 décembre à

$$7^h\,43^m\,23^s \text{ du matin.}$$

28. On déterminera le point du disque solaire, qui est le premier impressionné par la planète, en donnant la distance angulaire de ce point à l'extrémité supérieure du diamètre vertical. Cet angle est celui que fait la droite menée par les centres du soleil et de la planète (en projection), avec la projection de la verticale qui passe par le lieu considéré. L'entrée ayant lieu le matin, le point m, fig. (11), projection du lieu, est à l'ouest du méridien de la conjonction, et les choses sont disposées comme dans ladite figure.

En appelant V l'angle cherché, qui n'est autre chose que ZMP, on aura :

$$V = 180^\circ - \psi + \varphi,$$

l'angle $\psi = mLK$, il est donné par la formule :

$$\operatorname{tang}\psi = \frac{y - y'}{x - x'},$$

l'angle $\varphi = mOK$, il est donné par :

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{y'}{x'},$$

les valeurs de x, y, x', y' étant, bien entendu, relatives à l'entrée.

Pour estimer $180° - \psi$ au contact, on multipliera $12'$, différence entre les deux valeurs de $180° - \psi$ à $19^h\ 43^m$ et à $19^h\ 44^m$, par $\frac{104}{282}$, n° 27. On trouvera pour le produit $4'$.

Dès lors :

$$180° - \psi = 50°\ 12' - 4' = 50°\ 8'.$$

Nous prendrons :

$$\varphi = 56°\ 45',$$

d'où

$$V = 106°\ 53'.$$

Ainsi la *première impression du disque* a lieu, à 106° 53', à l'orient de l'extrémité supérieure du diamètre vertical du disque solaire.

29. L'heure de la *sortie*, estimée en temps de Calcutta, a été trouvée (n° 20) de $0^h\ 25^m$. Calculons donc, pour le 9 décembre à $0^h\ 25^m$, les coordonnées du soleil et de la planète, et la distance des centres. La conjonction ayant lieu à

$$22^h\ 52^m\ 34^s,2,$$

$$t = 24^h\ 25^m - 22^h\ 52^m\ 34^s,2 = 1^h,5405$$

et l'on trouve:

$$x = 951'',03 \qquad y = 367'',92.$$

On trouvera aussi:

$$H + L + t = 0^h\ 32^m 23^s,3,$$
$$H = 8°\ 5'\ 49'',$$
$$D = 22°\ 49'\ 39'',$$

et, avec ces données,

$$x' = 17'',04 \qquad y' = -3'',06$$

d'où

$$x - x' = 933'',99 \qquad y - y' = 370'',98,$$
$$\psi = 21°\ 39'\ 40'',$$
$$s = 1004'',96.$$

Cette valeur de s, comparée avec 1006'',39, montre que le passage n'est pas encore terminé, la différence est 1'',43.

Les résultats pour $0^h\ 26^m$ sont :

$$x = 952'',07 \qquad y = 371'',88,$$
$$x' = 17'',03 \qquad y' = -3'',17,$$
$$x - x' = 935'',04 \quad y - y' = 375'',05$$
$$\psi = 21^\circ\ 51'\ 20'',$$
$$s = 1007'',45;$$

la différence des deux valeurs de s est 2,49;

et divisant $$1006,39 - 1004,96 = 1,43$$

par cette différence, on trouve, en convertissant en secondes, 35^s.

Ainsi le passage finit pour Calcutta le 9 décembre à

$$0^h\ 25^m\ 35^s.$$

En désignant par U la distance angulaire de l'extrêmité du diamètre vertical du soleil au point qui est le dernier impressionné, on aura, fig. (11 *bis*),

$$U = \psi + 180^\circ - \varphi,$$

formule dans laquelle φ et ψ ont des significations connues que l'on retrouvera aisément sur la figure, et en opérant comme pour l'entrée, on trouvera :

$$\psi = 21^\circ\ 45',$$
$$180^\circ - \varphi = 10^\circ\ 40',$$

d'où

$$U = 32^\circ\ 25'.$$

La dernière impression du disque a lieu à 32° 25′ à l'occident de l'extrémité supérieure du diamètre vertical du disque solaire, et *la durée totale du passage* pour Calcutta est

$$4^h\ 42^m\ 12^s.$$

Les résultats obtenus, n°s 27 et 29, pour l'heure de l'entrée et celle de la sortie, présentent un contrôle de l'exactitude de la méthode indiquée aux n°s 19 et 20.

30. Nous ne ferons pas ici les calculs relatifs à l'instant du premier et du dernier contact intérieur; on les conduirait absolument de la même façon que ceux qui ont été exposés plus haut, et chacun pourra les exécuter au besoin, il suffira de changer **d** + **d**′ en **d** — **d**′.

Les quantités **d** + **d**′ et **d** — **d**′ sont relatives au centre de la terre; mais à cause de la grande distance de Vénus à la terre qui, dans la conjonction inférieure, vaut encore plus de 6.000 rayons terrestres, la position de l'observateur à la surface de notre globe ne saurait avoir aucune influence sur ces quantités.

Il n'y aura pas, comme dans les éclipses de soleil, à faire de correction à cet égard, il n'y aura pas non plus à tenir compte, ici, de la variation de la parallaxe pendant la durée du phénomène.

Détermination de la parallaxe du soleil par l'observation des passages de Vénus.

31. Il nous reste à montrer comment, avec ce qui précède, on pourra trouver la parallaxe du soleil, et c'est à ce point de vue que l'observation des passages de Vénus présente surtout de l'intérêt.

Reprenons l'équation du n° 25 :

$$(x - x')^2 + (y - y')^2 = (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2,$$

qui est relative à l'entrée ou à la sortie pour un lieu déterminé, et supposons qu'en ce lieu on ait observé l'instant précis de l'entrée, par exemple. Il est aisé de comprendre comment l'on pourrait, si tous les éléments de la question étaient connus à l'exception de p, obtenir cette dernière quantité. Rappelons-nous, en effet, les valeurs de x, y, x', y', et supposons que, dans ces dernières, p exprime des parties du rayon, nous aurons:

$$\left[D' - D + \delta t - \frac{p}{\sin 1''} \sin \lambda \cos D + \cos \lambda \sin D \cos (H + L + t)\right]^2$$
$$+ \left[ht \cos D' - \frac{p}{\sin 1''} \cos \lambda \sin (H + L + t)\right]^2 = (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2,$$

équation de laquelle on tirera facilement la valeur de p si l'on regarde cette quantité comme la seule inconnue, et si d'ailleurs, ce qui est permis, on néglige la seconde puissance de p. On aura ainsi une équation de la forme

$$Ap = B - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2$$

dans laquelle

$$A = \frac{2}{\sin 1''} (D' - D + \delta t) \left[\sin \lambda \cos D + \cos \lambda \sin D \cos (H + L + t)\right]$$
$$+ \frac{ht}{\sin 1''} . \cos D' \cos \lambda \sin (H + L + t),$$
$$B = (D' - D + \delta t)^2 + (ht \cos D')^2.$$

Il importe, dès à présent, de faire comprendre pourquoi le choix des lieux d'observation n'est pas indifférent, et pourquoi l'on doit donner la préférence à ceux où la parallaxe se manifeste de la manière la plus sensible.

En effet, la valeur de p fournie par l'équation précédente :

$$p = \frac{B - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2}{A},$$

est une valeur fixe. Or si l'effet de la parallaxe était nul, $B - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2$ serait nul et par suite A serait nul aussi, l'équation deviendrait illusoire. Que l'effet de la

parallaxe devienne considérable, A augmentera en même temps que $B - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2$, et il est évident que la valeur de p sera d'autant plus exacte que A sera plus considérable, puisque les erreurs seront divisées par un nombre plus grand.

Les éléments du calcul sont donnés en partie par les éphémérides, celles du soleil sont bien connues et celles de Vénus ont été portées à un haut degré de perfection par M. Leverrier. Les coordonnées géographiques de la station ont été déterminées, et enfin t, ou le temps écoulé depuis la conjonction jusqu'au contact, se déduit de T, heure observée de ce contact, et réduite en temps vrai par la formule :

$$T = H + L + t;$$

alors

$$D', D, \delta, h'_1, \lambda, L, t,$$

sont des quantités connues, λ et L varient d'un lieu à l'autre, et, pour un même lieu, t varie d'une observation à l'autre.

Les demi-diamètres apparents $\mathbf{d}$ et $\mathbf{d}'$ sont aussi donnés par les éphémérides, mais ces éléments ne sont pas aussi certains que les précédents, et les erreurs qui les affectent, peuvent amener sur p une erreur d'autant plus grande que A sera plus petit. Il faut chercher à éliminer cette cause d'erreur.

Si p désigne la différence des parallaxes équatoriales de Vénus et du soleil, l'équation fournie par l'observation du premier contact extérieur sera, en tenant compte de la correction de la latitude,

$$Ap\,(1 - a \sin^2 \lambda) = B - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2;$$

pour un autre lieu dont la latitude est λ', on aura, en observant un premier ou un dernier contact extérieur,

$$A'p\,(1 - a \sin^2 \lambda') = B' - (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2,$$

A' et B' ayant des significations qu'il est superflu d'expliquer, et dès lors on trouvera :

$$p = \frac{B - B'}{A - A' - a\,(A \sin^2 \lambda - A' \sin^2 \lambda')}.$$

Au lieu d'observer deux contacts extérieurs, on pourrait observer, ce qui serait peut-être préférable dans la pratique, deux contacts intérieurs. On choisira avantageusement les lieux d'observation, si l'on s'arrange de manière que, B étant par exemple plus grand que $\mathbf{d} + \mathbf{d}'$, B' soit plus petit, ce qui arrivera si l'on choisit le premier lieu de manière que l'entrée se produise plus tôt qu'au centre de la terre, et le second de manière qu'elle s'y produise plus tard.

Nous avons supposé dans ce qui précède que les coordonnées géographiques des lieux d'observation étaient exactement connues. Il n'y a pas d'inconvénient à faire cette supposition pour ce qui regarde la latitude, il n'en est pas de même pour la

longitude, dont la détermination est un des problèmes les plus délicats de l'astronomie et de la géodésie.

Nous avons aussi regardé comme exactes les éphémérides de Vénus. Ce qui est permis aujourd'hui ne l'était certes pas lors des passages du dernier siècle, et nous allons montrer comment, malgré l'incertitude d'un grand nombre d'éléments de la question, on peut néanmoins déterminer la quantité p.

Soient

$$H + dH,\ D' + dD',\ h + dh,\quad \delta + d\delta,\quad \mathbf{d} + d\mathbf{d},\ \mathbf{d}' + d\mathbf{d}',\ L + dL$$

les valeurs exactes des quantités qui entrent dans nos équations.

Soient T, l'heure locale vraie déduite de l'observation d'un contact extérieur, T_1, celle qui est déduite de l'observation d'un contact intérieur. Ces valeurs de T et de T_1 sont des constantes complétement indépendantes des erreurs qui peuvent affecter H, L, t et t_1, et les deux relations :

$$T = H + L + t,$$
$$T_1 = H + L + t_1$$

étant différentiées, l'on aura :

$$dT = dH + dL + dt = o,$$
$$dT_1 = dH + dL + dt_1 = o,$$

d'où :

$$dt = dt_1.$$

D'après cela, deux observations, l'une d'un contact extérieur, l'autre d'un contact intérieur, faites en un même lieu, fourniront les deux équations suivantes dans lesquelles on a négligé, bien entendu, les termes d'un ordre supérieur au premier.

$$\frac{dB}{dt}dt - Ap\,(1 - a\sin^2\lambda) + \frac{dB}{dD'}\,dD' + \frac{dB}{dh}dh + \frac{dB}{d\delta}d\delta + 2\,(\mathbf{d} + \mathbf{d}')\,(d\mathbf{d} + d\mathbf{d}')$$
$$= (\mathbf{d} + \mathbf{d}')^2 - B,$$

$$\frac{dB_1}{dt}\,dt - A_1 p\,(1 - a\sin^2\lambda) + \frac{dB_1}{dD_1}\,dD' + \frac{dB_1}{dh}\,dh + \frac{dB_1}{d\delta}\,d\delta + 2\,(\mathbf{d} - \mathbf{d}')\,(d\mathbf{d} - d\mathbf{d}')$$
$$= (\mathbf{d} - \mathbf{d}')^2 - B_1.$$

Si, entre ces deux équations, l'on élimine dt, et que l'on pose pour abréger $\mathbf{d} + \mathbf{d}' = \mu$, $\mathbf{d} - \mathbf{d}' = \nu$, on arrivera à une équation de la forme :

$$Mp + NdD' + PdH + Qd\delta + Rd\mu + Sd\nu = V,$$

qui renferme six inconnues. Il faudra dès lors pour obtenir la valeur de p six équations : on se les procurera au moyen de six groupes d'observations que l'on pourra

faire dans les localités indiquées au n° 21. Chaque groupe se composant de l'observation d'un contact extérieur et de celle d'un contact intérieur *.

32. Connaissant p, on en déduira immédiatement la parallaxe du soleil. Soient, en effet, R le rayon vecteur de la terre, et r le rayon vecteur de la planète donnés par les éphémérides à l'époque de l'apparition. Soient aussi π la parallaxe du soleil, Π celle de la planète. Les centres de la terre, de la planète et du soleil étant en ligne droite lors du passage, nous aurons la proportion :

$$\frac{\pi}{\Pi} = \frac{R-r}{R},$$

et puisque

$$\Pi - \pi = p,$$

on aura :

$$\frac{\pi}{p} = \frac{R-r}{r}.$$

p ayant été déterminé ainsi qu'on l'a expliqué plus haut, l'équation précédente fera connaître π ou la parallaxe du soleil.

33. Nous exposerons encore une autre méthode pour la détermination de la parallaxe du soleil par les passages : elle repose sur l'observation de l'entrée et de la sortie faite en un même lieu, dont il n'est pas nécessaire alors de connaître exactement la longitude, il suffit qu'on y rencontre un effet de parallaxe sensible. Nous savons que, dans le passage de 1874, la durée observée à l'île Louis-Philippe, depuis l'entrée au coucher jusqu'à la sortie au lever, est notablement plus courte qu'au centre de la terre; on en peut dire autant d'autres stations australes parmi lesquelles on remarquera la terre *Adélie*, située par le 67° de latitude au sud de la terre de Van-Diémen; l'entrée y aura lieu vers $11^h\ 32^m$, temps local, et la sortie vers $3^h\ 57^m$; la durée du passage y sera de $4^h\ 25^m$, elle sera diminuée de 14^m. Il faut conclure de là que pour l'observateur placé en différents points du globe, la ligne décrite par la planète ne se projettera pas sur le disque solaire suivant la même corde que pour l'observateur placé au centre. Or, il existe un moyen de calculer la distance de ces deux cordes par la durée du passage; on va le comprendre sans peine.

Soit O, fig. (12), le centre de la terre, KZ l'orbite de la planète, ainsi qu'il a été dit au n° 5. La planète, vue du centre de la terre, entre en G et sort en H;

* La méthode que nous venons d'exposer est parfaitement rigoureuse, mais si nous examinons quels sont les éléments incertains que nous sommes parvenus à éliminer, nous reconnaîtrons que parmi ces éléments ne figurent pas les longitudes des lieux d'observation. Or, pour que la méthode présente quelque certitude, il est indispensable de connaître exactement ces longitudes, et si l'on veut l'employer dans les prochains passages, il est temps de s'occuper dès aujourd'hui de la détermination des coordonnées géographiques des lieux favorables à l'observation.

soient aussi A et B les positions du lieu d'où l'on peut apercevoir l'entrée et la sortie, la conjonction ayant lieu quand le soleil passe au méridien*. Menons les droites AR et BV égales à $\mathbf{d} + \mathbf{d}'$, puis, par le centre O, les lignes OR' et OV' égales et parallèles à AR et BV; l'observateur verra l'entrée en G' et la sortie en H', $R'V'$ sera l'orbite apparente de la planète. Si le point d'observation ne se déplaçait pas, $R'V'$ serait une droite parallèle à RV; mais ce point allant de A en B, dans le mouvement diurne, le parallélisme n'aura pas rigoureusement lieu. Néanmoins le déplacement sera relativement peu considérable, et la variation qui en résultera dans la forme et l'inclinaison de l'orbite apparente de la planète sera presque insensible, comme on peut le voir sur la figure, tandis que la corde se transportera parallèlement à elle-même d'une quantité très-appréciable. En d'autres termes, l'orbite apparente $R'V'$ se confondra, sensiblement, avec celle qui serait vue du point M, fig. (13), où la ligne de terre est rencontrée par la projection du parallèle sur le cercle d'horizon.

Cherchons actuellement à assigner la position des cordes CD, $C'D'$ sur le disque solaire. Nous nous occuperons de $C'D'$, et ce que nous aurons dit pour cette dernière corde s'appliquera également à CD.

Faisons ici abstraction du déplacement de l'observateur dont nous apprendrons à tenir compte un peu plus bas, et nous pourrons dire alors que le mouvement de la planète, suivant $R'V'$, se fera d'après la même loi que suivant RV. Si donc on observe l'heure de l'entrée vers le coucher en G', et l'heure de la sortie vers le lever en H', on connaîtra le temps que met la planète pour aller de R' en V', et en multipliant le mouvement suivant $R'V'$ ou $\frac{\delta}{\cos\alpha}$ par ce temps on connaîtra $R'V'$. Considérant ensuite le triangle $OV'F'$, dans lequel $OV' = \mathbf{d} + \mathbf{d}'$ et $F'V'$ sont connus, on calculera au moyen de ces données l'angle V', puis, dans le triangle $OV'D'$, on déterminera $V'D'$.

Nous trouverons ainsi :

$$F'D' = F'V' - V'D' = \mathbf{d} \sin x,$$

et de même :

$$FD = FY - YD = \mathbf{d} \sin X.$$

Ces deux équations feront connaître x et X, ou les angles $D'OF'$ et DOF; et nous aurons :

$$FF' = \mathbf{d}\,(\cos x - \cos X) = 2\,\mathbf{d} \sin \tfrac{1}{2}(X + x) \sin \tfrac{1}{2}(X - x),$$

avec

$$KK' = \frac{FF'}{\sin\alpha}.$$

* L'hypothèse de la conjonction au méridien simplifie les explications et les calculs; l'île *Adelaïde*, assez voisine de l'île Louis-Philippe, satisfait sensiblement aux conditions de la figure.

A l'inspection des figures (12) et (13), on verra, sans peine, que *CMD* représentant la projection de l'arc de parallèle nocturne; on aura:

$$KK' = OM = ON + MN = p \sin \lambda \cos D + p \cos \lambda \sin D = p \sin (\lambda + D),$$

et, puisque *FF'* est connu, l'équation

$$\frac{FF'}{\sin \alpha} = p \sin (\lambda + D)$$

permettra de trouver *p*.

Tel est le principe de la méthode; mais il y a, dans ce que nous venons de dire, deux causes évidentes d'erreur:

1° Nous avons supposé que les deux orbites *RV* et *R'V'* étaient parallèles;

2° Que le mouvement de la planète vue du point d'observation était le même que pour le centre de la terre.

34. A ce propos, nous exposerons une méthode au moyen de laquelle on peut, d'une manière assez exacte, calculer les passages, pour un lieu donné de la terre, de la même façon que s'il s'agissait de son centre. Nous aurions dû peut-être la faire connaître quand nous avons traité le problème général, n°s 33 et suivants. Si nous ne l'avons point fait, c'est que la solution donnée en cet endroit remplit toutes les conditions de simplicité et d'exactitude, et que le besoin d'une seconde méthode ne se faisait nullement sentir, d'autant plus que celle dont nous allons parler, suffisamment exacte pour l'usage auquel nous la destinons, exigerait le plus souvent des corrections. On pourra s'en convaincre en l'appliquant au calcul du passage pour Calcutta.

En vertu de la parallaxe, l'instant de la conjonction de la planète et du soleil n'est pas le même, en général, pour un lieu déterminé de la terre et pour son centre. La conjonction *apparente* pour un point de notre globe aura lieu quand la projection de ce point et celle du centre de la planète se trouveront sur une même parallèle à la ligne de terre, ou, ce qui est la même chose, sur une parallèle à l'intersection du méridien de la conjonction avec le cercle d'horizon, et pour étudier les circonstances du passage en ce point, on le supposera fixe, en donnant à la planète deux mouvements parallèles aux axes coordonnés, respectivement égaux et contraires aux composantes du mouvement de la projection du lieu que l'on considère. On aura, de cette façon, une nouvelle orbite relative dont on se servira comme lorsqu'il s'agit du passage observé du centre de la terre. Pour bien nous faire comprendre, nous allons résoudre le problème suivant, en développant les conséquences que l'on peut en tirer.

Trouver, pour un lieu donné de la terre, l'heure de la conjonction apparente, la différence apparente des déclinaisons, et l'orbite apparente relative de la planète.

Soit H_1 l'angle horaire du lieu à l'instant de la conjonction *absolue*, et soit θ ce qu'il faut ajouter à l'heure de la conjonction absolue pour avoir celle de la conjonction apparente. Pendant le temps θ, la planète a un mouvement en ascension droite ou parallèle à l'axe des y représenté par $H \cos D'$ (n° 5), et puisque, en vertu de la définition, le déplacement pendant le temps θ doit être égal à l'ordonnée du point que l'on considère, nous aurons:

$$h\theta \cos D' = -p \cos \lambda \sin (H_1 + \theta).$$

Il faudrait à la rigueur, pour obtenir θ, résoudre une équation transcendante; mais comme le temps est très-petit, on pourra, en développant le second membre, ne garder que la première puissance de θ et écrire:

$$h\theta \cos D' = -p \cos \lambda \left(\sin H_1 + \frac{\pi\theta}{12} \cos H_1\right),$$

d'où

$$\theta = -\frac{p \cos \lambda \sin H_1}{h \cos D' + \frac{p\pi}{12} \cos \lambda \cos H_1}.$$

Cette valeur de θ étant connue, on aura pour les coordonnées de la projection:

$$x' = p \sin \lambda \cos D + p \cos \lambda \sin D \cos (H_1 + \theta),$$

$$y' = -p \cos \lambda \sin (H_1 + \theta).$$

Quant à la différence apparente des déclinaisons, elle est égale à la distance de la projection du point à celle de la planète lors de la conjonction apparente, elle sera exprimée par

$$D' - D + \delta\theta - x'.$$

Pour trouver l'orbite apparente relative, on formera:

$$\frac{dx'}{dt} = -p \frac{\pi}{12} \cos \lambda \sin D \sin (H_1 + \theta)$$

$$\frac{dy'}{dt} = -p \frac{\pi}{12} \cos \lambda \cos (H_1 + \theta),$$

et l'on retranchera du mouvement en ascension droite la valeur de $\frac{dy'}{dt}$, du mouvement en déclinaison celle de $\frac{dx'}{dt}$.

On aura ainsi pour le mouvement en ascension droite:

$$h \cos D' + \frac{p\pi}{12} \cos \lambda \cos (H_1 + \theta),$$

et pour le mouvement en déclinaison:

$$\delta + \frac{p\pi}{12} \cos \lambda \sin D \sin (H_1 + \theta).$$

L'angle α' que fait l'orbite *apparente relative* avec la ligne de terre, sera donné par la formule:

$$\operatorname{tang} \alpha' = \frac{h \cos D' + p \frac{\pi}{12} \cos \lambda \cos (H_1 + \theta)}{\delta + p \frac{\pi}{12} \cos \lambda \sin D \sin (H_1 + \theta)}.$$

Tout le reste s'achèvera comme il a été dit quand il s'est agi du centre de la terre. La distance de la planète, lors de la conjonction apparente, au pied de la perpendiculaire abaissée de la projection du point considéré sur l'orbite apparente, aura pour expression :

$$(D' - D + \delta\theta - x') \cos \alpha',$$

et le temps écoulé depuis le milieu du passage jusqu'à la conjonction apparente sera :

$$\frac{(D' - D + \delta\theta - x') \cos^2 \alpha'}{\delta - \frac{dx'}{dt}}.$$

Si T désigne l'heure de la conjonction apparente, et T' celle du milieu du passage, cette heure sera donnée par la formule :

$$T' = T - \frac{D' - D + \delta\theta - x'}{\delta - \frac{dx'}{dt}} . \cos^2 \alpha'.$$

Considérons actuellement la planète dans un contact extérieur, et posons :

$$\frac{D' - D + \delta\theta - x'}{\mathbf{d} + \mathbf{d}'} \sin \alpha' = \sin \varphi'.$$

La distance de la planète, lors du milieu du passage, à la position qu'elle occupe lors du premier ou du dernier contact extérieur, aura pour expression :

$$(\mathbf{d} + \mathbf{d}') \cos \varphi',$$

et la demi-durée sera :

$$\frac{(\mathbf{d} + \mathbf{d}') \cos \varphi' \cos \alpha'}{\delta - \frac{dx'}{dt}}.$$

Désignant donc par T_1 et T_2 les heures de l'entrée et de la sortie, nous aurons :

$$T_1 = T' - \frac{(\mathbf{d} + \mathbf{d}') \cos \varphi' \cos \alpha'}{\delta - \frac{dx'}{dt}},$$

$$T_2 = T' + \frac{(\mathbf{d} + \mathbf{d}') \cos \varphi' \cos \alpha'}{\delta - \frac{dx'}{dt}}.$$

Il ne serait pas plus difficile de déterminer l'heure du premier et du dernier contact intérieur. (Voy. n°s 7 et 8.)

35. Appliquons les formules que nous venons de trouver à la détermination de la parallaxe du soleil par l'observation de l'entrée et de la sortie.

Comme il est très-probable qu'une expédition scientifique ne pourra s'installer dans des parages trop rapprochés du pôle austral, on devra choisir des stations moins avancées, ou bien aller vers le nord. Notre calcul se rapporte à un lieu situé

dans l'hémisphère boréal, pour lequel la durée du passage est notablement plus longue qu'au centre de la terre.

On choisira, de préférence, comme il a déjà été dit au n° 33, un lieu d'observation pour lequel la conjonction se produit au méridien, sinon exactement, du moins à peu près. Or, la conjonction se produisant à $17^h\,8^m$, heure de Paris, la station adoptée devra au même instant compter 0^h ou 24^h, elle devra donc se trouver de $6^h\,52^m$ en avance, soit à 103° de longitude est. La ville d'*Irkutsk*, en Sibérie, est à 102° de longitude, elle est donc à très-peu près sur le méridien que nous venons d'adopter; elle remplit également les conditions désirables relativement à la latitude: en effet, l'entrée ayant lieu vers $13^h\,55^m$ et la sortie vers $18^h\,43^m$, heure de Paris, à Irkutsk, l'entrée se fera vers $20^h\,43^m$ et la sortie vers $25^h\,31^m$; en d'autres termes, on verra le premier contact le 8 décembre à $20^h\,43^m$, et le dernier, le 9 à $1^h\,31^m$. Il s'écoule, en conséquence, $3^h\,17^m$ environ depuis l'entrée jusqu'au passage au méridien; or, la latitude d'Irkutsk étant de 52° nord, on trouvera sans peine, par la formule du n° 15, que la demi-durée du jour y est, le 8 décembre, de $3^h\,45^m$, et l'on pourra dès lors observer le passage d'une manière avantageuse, puisque, à l'entrée, le soleil sera déjà dégagé de l'horizon, et que, à la sortie, il aura encore une hauteur relativement considérable. Il est malheureusement à craindre que les circonstances atmosphériques, peu favorables en décembre, ne permettent pas aux observateurs de voir le soleil, ou du moins les empêchent de suivre le phénomène dans toutes ses phases et avec tous les soins nécessaires.

Cela posé, cherchons quelle est, pour la longitude de 103° et pour la latitude de 52° nord, l'inclinaison de l'orbite apparente, en admettant pour p la valeur déduite de la parallaxe admise du soleil, savoir $p = 23'',73$.

A la conjonction supérieure, $H_1 = 0$, d'où $\theta = 0$. Ces valeurs nulles de H_1 et de θ simplifieront considérablement les formules qui précèdent, et c'est pour cela que nous avons choisi la station sur le méridien de la conjonction. Dans ces conditions, l'inclinaison α' de l'orbite apparente sera donnée par

$$\operatorname{tang} \alpha' = \frac{h \cos D' + p\,\frac{\pi}{12} \cos 52^\circ}{\delta},$$

d'où

$$\alpha' = 75^\circ\,32'\,56''.$$

Nous avons trouvé, n° 5:

$$\alpha = 75^\circ\,19'\,40''.$$

Ces deux valeurs diffèrent de $13'\,16''$, mais cette différence n'a pas d'influence

appréciable, et l'on peut regarder RV et $R'V'$, fig. (12) *bis*, comme parallèles. En effet, la différence apparente des déclinaisons est:

$$D' - D - x' = D' - D - p \sin(\lambda + D)$$

d'où

$$KK' = p \sin(\lambda + D),$$

En effectuant les calculs, on trouve:

$$KK' = 22'',81,$$

puis

$$KK' \sin\alpha = 22'',07,$$
$$KK' \sin\alpha' = 22'',09.$$

La différence de ces valeurs est $0'',02$, ce qui est d'un ordre certainement inférieur à l'erreur qui peut affecter la position de la corde $R'V'$ déduite de l'observation du passage; on peut donc considérer $R'V'$ comme parallèle à RV.

36. Les formules du n° 34 donnent, pour la durée du passage en un lieu déterminé de la terre,

$$\tau = \frac{2(\mathrm{d} + \mathrm{d}')\cos\varphi'\cos\alpha'}{\delta + p\,\frac{\pi}{12}\cos\lambda\sin D.\sin(H_1 + \theta)}.$$

Dans le cas actuel, on trouve:

$$\varphi' = 53^{\circ}\,10'\,28''$$

et

$$\tau = 4^{h}\,48^{m}\,46^{s}.$$

La durée pour le centre de la terre est

$$4^{h}\,38^{m}\,52^{s}.$$

Il y a un excès de $9^{m}\,44^{s}$, ce qui nous paraît suffisant.

Cherchons actuellement à évaluer, au moyen des formules différentielles, l'influence que peut avoir sur la durée du passage un petit déplacement en longitude, et ne perdons pas de vue qu'il s'agit d'un lieu qui a la conjonction au méridien. Nous aurons, en faisant des simplifications faciles à comprendre,

$$d\tau = -2\frac{(\mathrm{d}+\mathrm{d}')}{\delta}\left[\sin\varphi'\cos\alpha'\,d\varphi' + \cos\varphi'\sin\alpha'\,d\alpha' + \frac{p\pi}{12\delta}\cos\varphi'\cos\alpha'\cos\lambda\sin D\,(dH_1 + d\theta)\right]$$

$$d\theta = -\frac{p\cos\lambda}{h\cos D'}\,dH_1,\quad d\alpha' = -\frac{p\pi}{12\delta^2}\,h\cos D'\cos\lambda\sin D\cos^2\alpha'\,(dH_1 + d\theta),$$

$$d\varphi' = \frac{\delta\sin\alpha'.d\theta + (D' - D)\,d\alpha'}{(\mathrm{d}+\mathrm{d}')\cos\varphi'}.$$

D'ailleurs, n° 24,

$$H_1 = H + L + t,$$

égalité qui, pour le cas actuel, se réduit à

$$H_1 = H + L,$$

d'où

$$dH_1 = dL.$$

Convertissant ces formules en nombres, on trouvera :

$$d\tau = 0^h,0457\, dL,$$

ou bien encore, en désignant par n un petit nombre de degrés,

$$d\tau = 0^h,0457. \times \frac{\pi}{180} \times n = 2^s,8. \times n.$$

Or, en jetant un coup d'œil sur l'ensemble des observations de 1769, on reconnaît sans peine que les erreurs sur la durée d'un passage peuvent atteindre quelques secondes; il en résulte qu'il est inutile de connaître exactement la longitude du lieu d'observation, et que la durée observée à Irkutsk sera la même que si l'on se trouvait sur le méridien de la conjonction, sinon rigoureusement, du moins avec une différence de même ordre que les erreurs d'observation. On répétera, d'après cela, sur la fig. (12) *bis*, ce que nous avons dit au n° 33, fig. (12), et l'on déduira p de la formule

$$p = \frac{FF'}{\sin \alpha' . \sin (\lambda + D)}.$$

37. On peut constater l'influence de la parallaxe sur la durée du passage en s'avançant vers l'un ou l'autre pôle. Cette durée, plus grande qu'au centre de la terre pour une station boréale*, sera notablement plus petite pour une station australe**. Mais à cause de la difficulté d'aborder les terres antarctiques, on devra se contenter d'une différence moindre que celle qui serait observée de l'île Adelaïde, de l'île Louis-Philippe, de la terre Adélie; à la terre de Van-Diémen, elle sera encore de 10 minutes en moins; nous avons vu qu'elle était de 10 minutes en plus pour Irkutsk. De pareils lieux ne seront pas trop défavorables, et il nous semble difficile d'en trouver dans de meilleures conditions.

Les régions boréales sont plus accessibles que les régions australes, et fournissent en été des stations très-avancées vers le nord, particulièrement avantageuses. On a donc pu, en 1761 et 1769, observer les passages avec un effet de parallaxe beaucoup plus considérable qu'on ne pourra le faire en 1874 et 1882.

---

* Différence maximum, en plus, 11m.

** Différence en moins, 15m.

Il résulte de là, que les passages de juin sont préférables à ceux de décembre; et disons, en terminant, que, au point de vue du problème de la parallaxe du soleil, la génération actuelle sera moins favorisée que ne l'a été celle du dix-huitième siècle.

Éléments relatifs au passage de Vénus, pour 1874, calculés par M. Airy, d'après les tables de M. Leverrier.

(Comptes rendus du 25 juillet 1861.)

Conjonction en Æ temps moyen de Greenwich. 8 décembre . .		$16^h 59' 13'',2$
Ascension droite du ☉ et de ♀		$255^\circ 52' 51'',6$
Déclinaison de ♀	—	$22^\circ 35' \ 7'',7$
Déclinaison du ☉	—	$22^\circ 49' 22'',4$
Mouvement horaire de ♀ en Æ	—	$93'',95$
Idem . . . . en D^on^	+	$47'',73$
Mouvement horaire du ☉ en Æ	+	$164'',71$
Idem . . . . en D^on^	—	$14'',80$
Demi-diamètre de ♀	—	$31'',41$
Demi-diamètre du ☉		$16' 14'',98$
Parallaxe horizontale de ♀		$32'',44$
Parallaxe horizontale du ☉		$8'',71$

FIN.

Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault.

fig. 1

Ouest
Z'
VIII
VII
VI
r
O
K
Nord
T
I
II
apparente
Soleil
III
orbite
II
Est
I
Z

fig. 2

S

X

Z

b' O b K

a

M

Z X

P

B T B

A

P

fig 3

Soleil

Z

M

C

A

T O B K T

I

I

Soleil

M

Z

Pl. 4.

fig. 4

Soleil

B

B

Soleil

fig 5

B Cercle d'Horizon

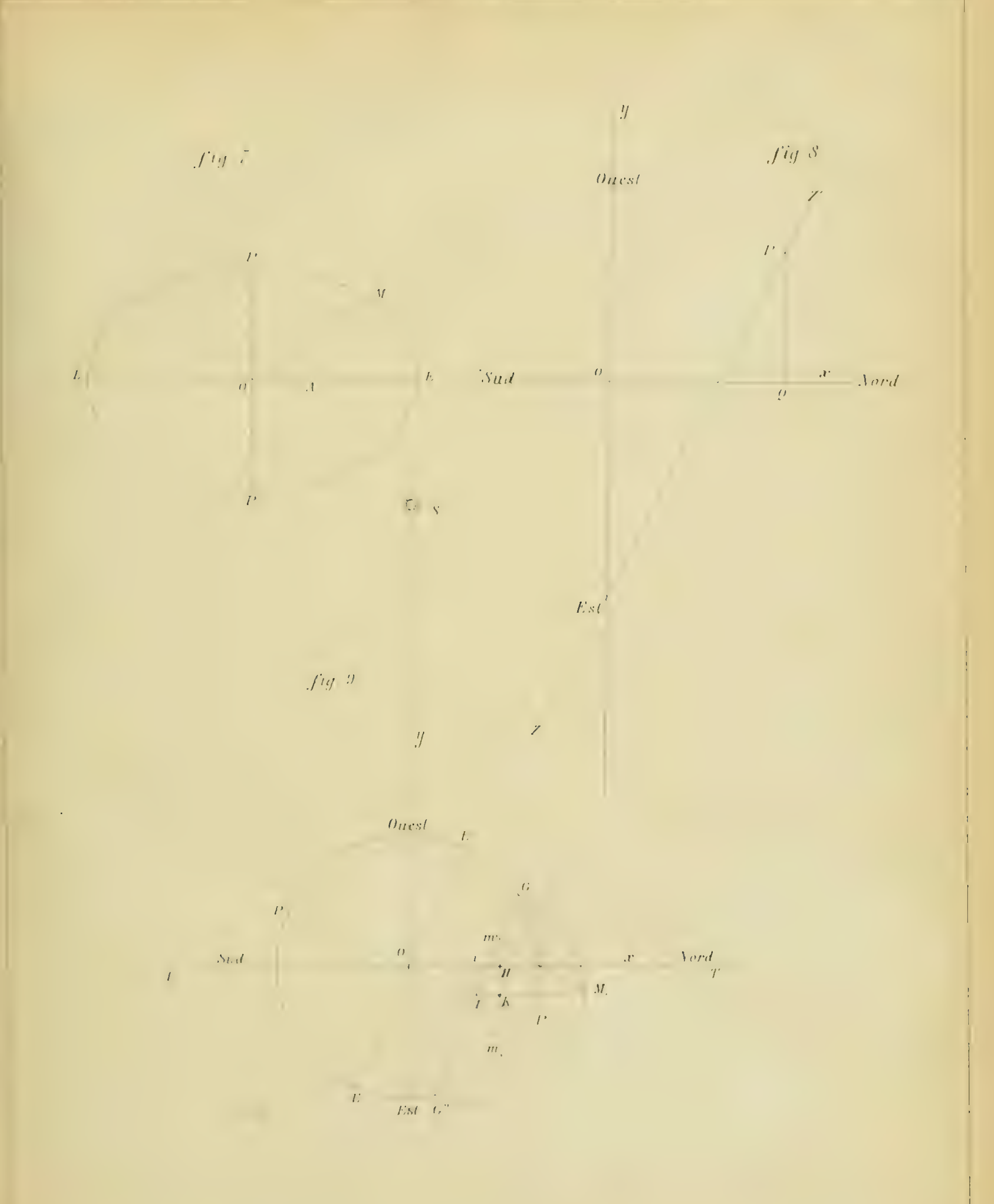
x' x

Orbite apparente

u'
u
V

fig 6.

Figure se rapportant à un globe de
0ᵐ.223 de diamètre.


fig 7
P
M
L
O
A
E
P
S
fig 8
y
Ouest
Z
P
Sud
O
x
Nord
Q
Est
fig 9
y
Z
Ouest
E
G
P
Sud
O
H
x
Nord
T
M.
K
P
Est

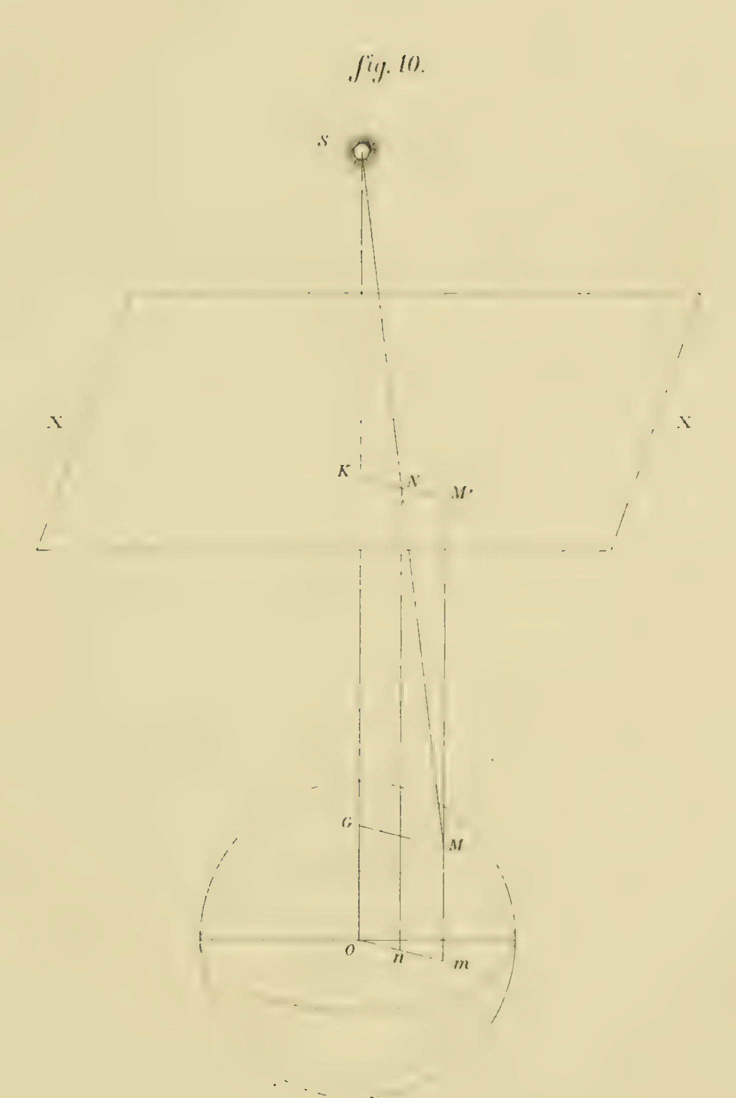

fig. 10.
S
X
X
K
N
M'
G
M
O
n
m

fig 11

y z

m

T o L K x T

Soleil

fig. 11 bis

P

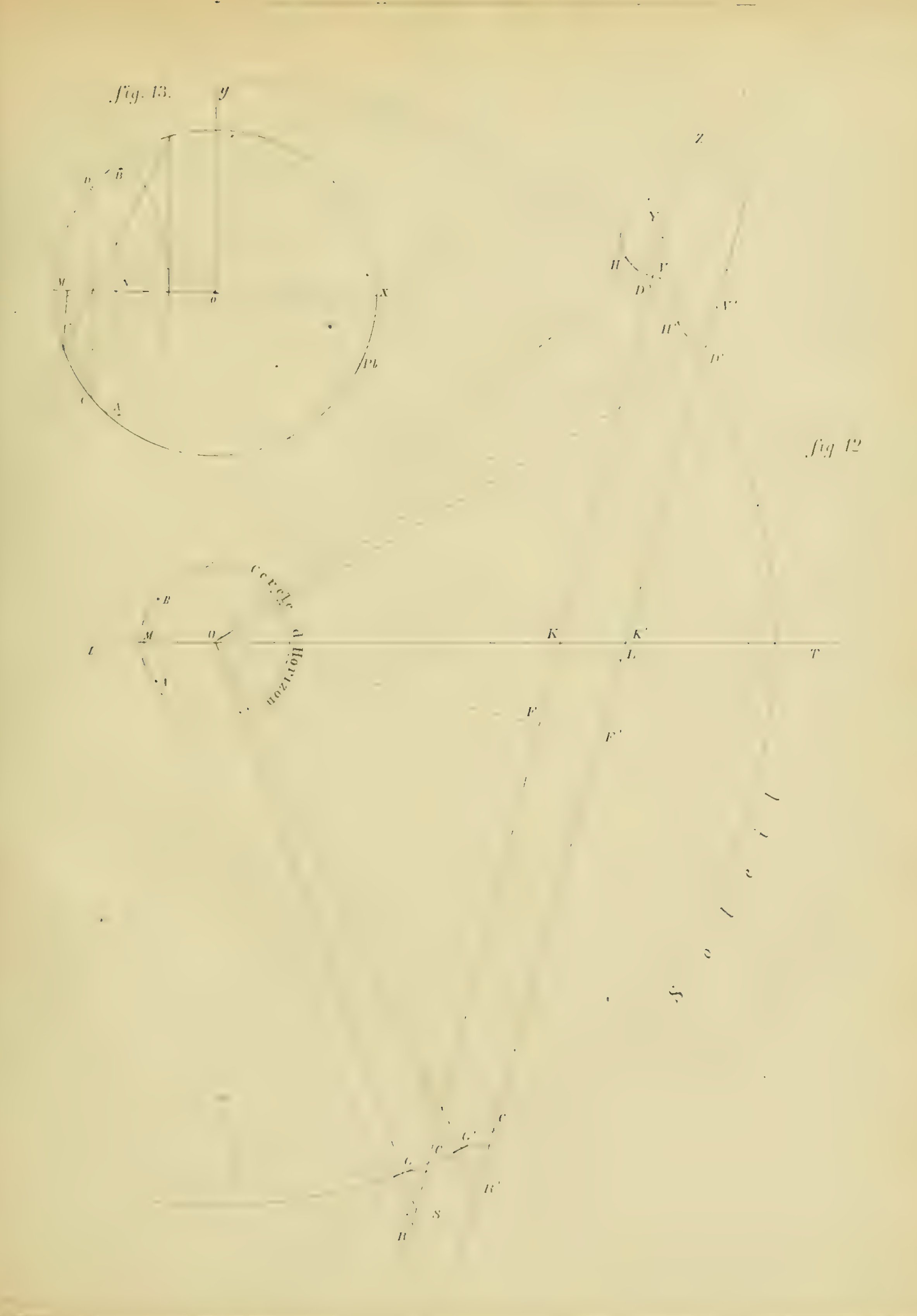
o

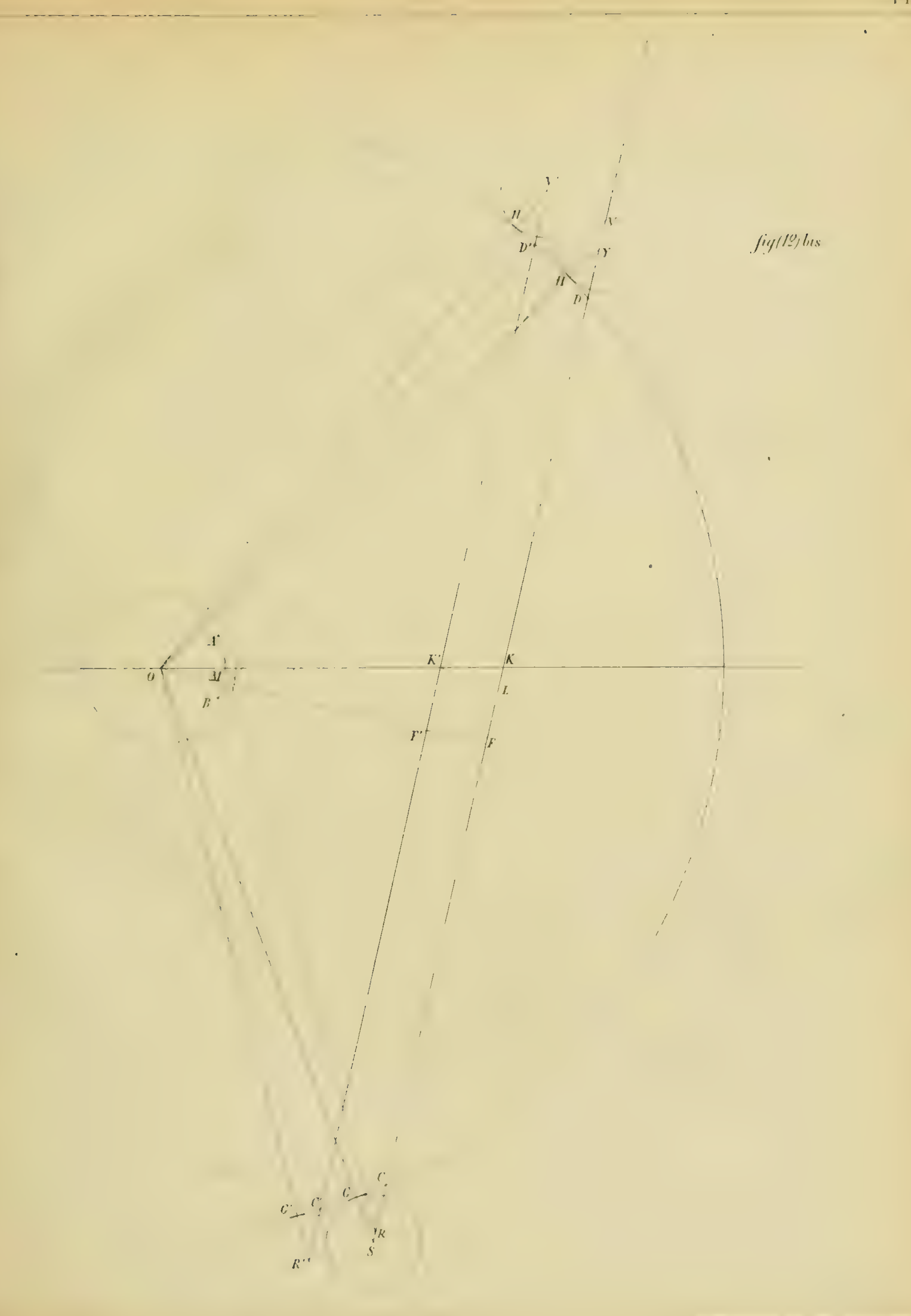
m

K

Z

Soleil


fig. 13.
y
X
Pl
fig 12
Z
Y
Cercle d'Horizon
K
K'
L
T
F
F'
S
R
R'


fig(12) bis
O
M
A
B
K'
K
L
F'
F
D'
D
H
Y
R''
S

DE L'ACIDE PYROGALLIQUE

EN PRÉSENCE DES SELS DE FER

Par le Professeur JACQUEMIN

Dans tous les ouvrages de chimie, même les plus récents, les auteurs assignent à l'acide pyrogallique la propriété de colorer en bleu les sels ferreux. Pour bien préciser l'état de la question, je vais citer textuellement des passages de nos traités les plus accrédités.

Gerhardt, dans son 3e volume de *Chimie organique*, page 877, dit : «L'addition « d'une solution de sulfate ferreux à la solution de l'acide pyrogallique détermine « une coloration indigo-foncée, sans qu'il se forme de précipité; si le sel ferreux « contient la moindre trace de sel ferrique, la liqueur se colore bientôt en vert « foncé. Avec les sels ferriques, surtout avec le chlorure ferrique, on obtient une « coloration rouge sans précipité. »

MM. Pelouze et Frémy, dans la dernière édition de leur *Traité de chimie générale*, s'expriment dans le même sens : «L'acide pyrogallique, disent-ils, produit « avec les sels de protoxyde de fer une réaction caractéristique; il ne les précipite « pas, comme le font les acides tannique et gallique, mais il les colore en bleu « très-intense. Lorsque le sel de fer est au maximum, ou lorsqu'il s'est en partie « peroxydé à l'air, les liqueurs prennent une teinte verdâtre. »

Mes expériences particulières, présentées déjà depuis quelques années dans mes leçons de chimie à l'École de pharmacie, sont en contradiction avec les faits que je viens de transcrire; je crois utile de vous les soumettre, afin qu'à l'avenir,

grâce à la publicité dont vous disposez, cette erreur de détail cesse de se perpétuer.

Le sulfate ferreux préparé dans les laboratoires, et à plus forte raison le sulfate commercial, s'oxyde plus ou moins au contact de l'air et acquiert seulement alors, suivant mes observations, la propriété d'être coloré en bleu par l'acide pyrogallique. Toute dissolution de ce sel franchement colorable en bleu par l'acide qui nous occupe, est également colorée en rouge sang par le sulfocyanure de potassium, qui montre si nettement la présence des sels ferriques.

Si les cristaux de sulfate sont lavés à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, ils finissent par donner une dissolution qui n'est plus colorée en bleu par l'acide pyrogallique, mais qui donne avec lui un trouble blanc, lactescent. Lorsqu'on abandonne cette liqueur au contact de l'air, le trouble disparaît insensiblement pour faire place à la coloration bleue caractéristique, à la suite de l'oxydation d'une partie du fer qui en est résultée.

Il est une remarque faite par moi, dans les essais successifs des eaux de lavages, qui ne manque pas d'intérêt au point de vue de la sensibilité des réactions chimiques, c'est que le sulfocyanure de potassium, qui décèle des traces à peine appréciables de sel de fer au maximum, ne donne plus sa coloration rouge, alors que l'acide pyrogallique, dans une dissolution pareille, fournit encore une teinte bleue sensible.

Vient-on à ajouter au sulfate ferreux pur quelque peu de sulfate ferrique, puis à additionner d'acide pyrogallique ce mélange, la coloration bleue des auteurs paraît alors dans toute sa pureté, pour faire place à une teinte verdâtre ou même rouge brun sous l'influence d'un excès de sel ferrique.

La nécessité bien démontrée d'un mélange de sel ferreux et de sel ferrique pour la production de ce bleu, qu'industriellement, s'il pouvait avoir des applications, on ne manquerait pas d'appeler pyrogallocyanine, m'a conduit aux réflexions suivantes que j'émets sans y attacher de l'importance, comme il convient pour toute hypothèse qui doit et qui peut être vérifiée par l'expérience.

Pour obtenir les bleus de Turnbuhl ou de Prusse, il faut une certaine proportionnalité entre le fer des parties agissantes qui détermine la formation des composés définis Fe^5Cy^6 et Fe^7Cy^9, correspondant à des oxydes de fer intermédiaires de la forme Fe^5O^6 et F^7eO^9. Or, le cyanure ferreux est un précipité blanc bleuissant à l'air, de même le produit de réaction de l'acide pyrogallique sur le sulfate ferreux est un trouble blanc bleuissant à l'air; le cyanure ferrique est un liquide brun, et le produit d'action de l'acide pyrogallique sur le sulfate ferrique est un liquide rouge brun. Je me demande, ces rapprochements faits, et la nécessité du

mélange ferrosoferrique pour la génération de la pyrogallocyanine d'ailleurs démontrée plus haut, si le rapport du fer indispensable pour cette génération de bleu ne correspondrait pas, comme pour les bleus de Turnbuhl et de Prusse, à des oxydes Fe^5O^6 et Fe^7O^9.

Si l'expérience venait à prouver que dans le cas particulier le mélange de sel ferreux ou de sel ferrique, suivant l'un ou l'autre de ces rapports, engendre le bleu, il deviendrait intéressant de poursuivre sur d'autres molécules organiques l'action de ce mélange générateur du bleu. Je me propose donc de continuer cette étude dans ce sens et de vous en soumettre les résultats, s'ils sont de nature à confirmer l'hypothèse que je viens de développer.

En résumé, il ressort de ce travail que, contrairement aux remarques faites précédemment et à toutes les publications antérieures appuyées sur elles, l'acide pyrogallique n'a pas la propriété de colorer en bleu la dissolution de sulfate ferreux pur, qu'il donne simplement avec elle un trouble blanc, lactescent, passant au bleu à l'air, que pour produire le bleu il faut nécessairement la présence d'une certaine proportion de sel ferrique, et de plus, que la sensibilité dudit acide, pour reconnaître des traces de sel ferrique dans le sulfate ferreux, est supérieure à celle du sulfocyanure de potassium.

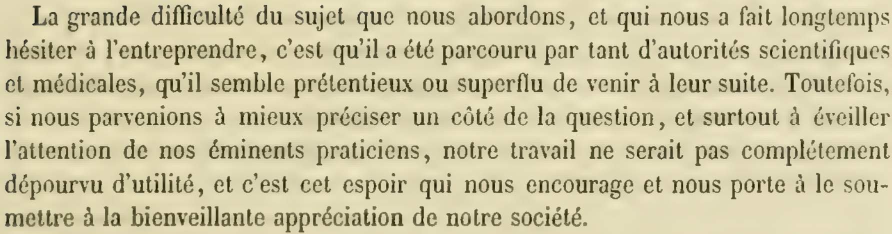
Strasbourg, imprimerie de Vᵉ Berger-Levrault.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS

SUR

LES AGENTS ANESTHÉSIQUES

Par le Professeur JACQUEMIN



La grande difficulté du sujet que nous abordons, et qui nous a fait longtemps hésiter à l'entreprendre, c'est qu'il a été parcouru par tant d'autorités scientifiques et médicales, qu'il semble prétentieux ou superflu de venir à leur suite. Toutefois, si nous parvenions à mieux préciser un côté de la question, et surtout à éveiller l'attention de nos éminents praticiens, notre travail ne serait pas complétement dépourvu d'utilité, et c'est cet espoir qui nous encourage et nous porte à le soumettre à la bienveillante appréciation de notre société.

Si de la liste des trente ou quarante substances douées de propriétés anesthésiques nous extrayons celles dont les propriétés stupéfiantes sont à la fois les plus marquées et les plus innocentes, le gaz de l'éclairage, le chloroforme, l'éther sulfurique, l'éther chlorhydrique, chlorhydrique chloré, bromhydrique, l'aldéhyde, la liqueur des Hollandais, l'amylène, etc., on remarquera avec nous que les composés les plus acceptables pour l'usage chirurgical dérivent de deux types : l'hydrogène protocarboné et l'hydrogène bicarboné.

En effet le chloroforme, qu'on l'envisage moléculairement comme de l'hydrure de trichlorométhyle, ou comme du chlorure de dichlorométhyle, dérive directement par substitution du type hydrure de méthyle ou hydrogène protocarboné.

L'éther sulfurique, auquel les chimistes de l'école dualistique assignent la for-

mule C^4H^5,O, peut être considéré dans cette doctrine comme dérivant de l'hydrure d'éthyle C^4H^5,H, l'homologue de l'hydrure de méthyle, par substitution ou remplacement d'un d'hydrogène par un d'oxygène.

L'éther chlorhydrique normal ou chloré, l'éther bromhydrique, appartiennent au même type par une raison semblable.

L'aldéhyde, hydrure d'acétyle de Gerhardt, d'après notre manière de voir, ne sort pas de ce type; nous le considérons comme de l'hydrure d'éthyle, dans lequel deux d'hydrogène du radical éthyle ont été remplacés par deux d'oxygène, $C^4H^3O^2,H$.

Quant au chlorure de gaz oléfiant, ou liqueur des Hollandais, il appartient au type hydrogène bicarboné, si on le considère comme le chlorure d'éthylène, et au type hydrogène protocarboné, si on admet avec M. Regnault qu'il dérive de l'hydrure d'éthyle par substitution chlorée.

Des composés que nous avons cités, l'amylène reste donc seul homologue sans conteste de l'hydrogène bicarboné.

On pourrait dès maintenant formuler la proposition suivante : *Les composés appartenant aux séries chimiques qui ont pour type l'hydrogène protocarboné ou l'hydrogène bicarboné, peuvent posséder des propriétés anesthésiques susceptibles d'applications à la chirurgie.*

Mais est-il indifférent de s'adresser pour des essais pratiques à l'une ou l'autre série, ou la théorie, se basant d'ailleurs sur quelques données expérimentales, n'est-elle pas capable, dans la mesure de nos connaissances actuelles, d'affirmer le degré d'innocuité des corps de l'une ou l'autre série?

Nous penchons pour l'affirmative, ainsi qu'il va résulter des considérations suivantes.

Il est bien établi que l'oxyde de carbone est plus délétère que l'acide carbonique et joue le rôle principal et terrible que l'on connaît dans les asphyxies par le charbon. Or, en nous plaçant à un autre point de vue de statique chimique, où nous n'aurons pas de contradicteurs, l'oxyde de carbone C^2O^2 peut être envisagé comme du méthylène C^2H^2, dans lequel les deux d'hydrogène ont été remplacés par de l'oxygène. Diatomique comme lui, il forme le côté négatif de la série dont le méthylène est le côté positif. Des beaux travaux de M. Berthelot on tire un parallélisme de fonctions chimiques, car si cet éminent chimiste a pu produire l'alcool à la suite du contact de l'hydrogène bicarboné, homologue du méthylène, avec l'acide sulfurique, il lui a été de même donné d'engendrer l'acide formique à la suite du contact de l'oxyde de carbone avec l'hydrate de potasse. La théorie et la pratique sont en parfait accord, et en langage sériaire l'oxyde de carbone et le

méthylène sont en série, comme l'acide formique et l'esprit de bois, comme l'acide acétique et l'alcool vinique.

Si l'acide carbonique C^2O^4 est une combinaison du radical diatomique oxyde de carbone ou carbonyle avec deux d'oxygène, le gaz des marais ou hydrogène protocarboné C^2H^4 peut de même être considéré comme une combinaison du radical diatomique méthylène avec deux d'hydrogène. Les dérivés de corps en série sont évidemment sériés entre eux, l'acide carbonique et l'hydrogène protocarboné font donc partie de la même famille sériaire, sans que l'on ait à invoquer en plus cette parenté d'origine dont les phénomènes que subit la matière organique, en se désorganisant, nous donne tous les jours la preuve.

Or, l'oxyde de carbone jouissant de propriétés stupéfiantes et toxiques, nous pouvons par hypothèse induire des propriétés analogues pour le méthylène, l'éthylène et leurs homologues. De même, puisque l'acide carbonique possède des propriétés stupéfiantes infiniment moins délétères, il est permis d'inférer pour l'hydrogène protocarboné et ses homologues des propriétés correspondantes.

Nous pourrons donc à la proposition qui précède ajouter celle-ci : *Toutefois les composés qui ont pour type l'hydrogène protocarboné paraissent doués de propriétés relativement moins dangereuses.*

Partant de ces idées théoriques, nous nous sommes proposé d'examiner les effets que déterminent sur l'animal quelques hydrogènes carbonés homologues du gaz des marais. Nous avons retiré les produits destinés à l'expérimentation du pétrole d'Amérique, dans lequel MM. Pelouze et Cahours ont constaté la présence de tant d'hydrocarbures homologues de l'hydrure de méthyle.

Ne pouvant compter sur la pureté des essences de pétrole commerciales, je me suis servi du procédé de purification suivant, avant d'en extraire les composés les plus volatils. J'agitai à plusieurs reprises, pendant deux heures, l'essence de pétrole avec 10 p. 100 d'acide sulfurique, puis laissai déposer, afin de séparer par décantation l'essence de l'acide sulfurique plus ou moins coloré en noir et chargé d'impuretés. Quelques lavages à l'eau furent immédiatement suivis d'une agitation avec une dissolution de soude caustique pesant 1,40, chargée de dissoudre quelques impuretés possibles laissées par l'acide sulfurique, plutôt que de faire disparaître les traces de ce dernier.

Nous avons ensuite rectifié le produit, et par distillations fractionnées au thermomètre, séparé ses composants les plus volatils. Notre intention était, pour ces expériences, de partir de l'hydrure d'amyle, dont le point d'ébullition, situé à 34°' suivant M. Roscoe, à 30°' seulement d'après MM. Cahours et Pelouze, nous promettait une rapidité d'action semblable à celle de l'amylène. En nous appuyant sur

les idées théoriques précédentes, dans lesquelles nous avons toute confiance, nous pensions trouver dans l'hydrure d'amyle un agent anesthésique exempt des dangers signalés dans l'emploi de l'amylène. Les traces insignifiantes du produit recueilli ne nous ont pas permis d'expérience que d'autres réaliseront avec succès, nous n'en doutons pas.

Les hydrures de caproyle et d'œnanthyle, avec lesquels nous avons opéré, bouillaient le premier à 65°', le second à 94°'.

Nous avons constaté qu'un lapin placé dans un vase de verre de la contenance de 5 litres, largement ouvert pour permettre à l'air de se renouveler, est anesthésié en 4 minutes 30 secondes, à la température de 15°', par 2 grammes d'hydrure de caproyle, et en 7 minutes 30 secondes, à la température de 18°', par 2 grammes d'hydrure d'œnanthyle. Dans d'autres expériences fort souvent répétées avec le même patient simplement posé sur une table et coiffé d'un linge au fond duquel se trouvait une éponge imbibée de l'un ou l'autre de ces hydrocarbures, il a toujours fallu plus de temps et plus de matière pour arriver à l'insensibilité complète.

L'hydrure d'œnanthyle produit sur le système nerveux une action très-vive, qui peut aller jusqu'à la manifestation de phénomènes tétaniques. L'animal, soumis à ces violentes secousses, finit par tomber dans un anéantissement total qui ressemble à la mort; il se réveille assez vite dès qu'on supprime l'agent stupéfiant, et reprend, une heure après, son état normal sans aucune apparence de malaise.

Cette action spéciale de l'hydrure d'œnanthyle sur le système nerveux ne seraitelle pas susceptible d'applications médicales? ne pourrait-elle produire un ébranlement salutaire dans les cas de paralysie, par exemple?

J'ai essayé deux fois sur moi-même, dans des cas de lombagos très-douloureux, l'emploi en frictions du mélange de ces deux hydrocarbures du pétrole, et la guérison a toujours été la suite de deux frictions faites l'une le soir, l'autre le matin.

Notre tâche finit ici. Les praticiens, plus que les chimistes, seront en mesure de tirer parti de l'emploi de ces substances, s'il y a lieu.

Strasbourg, imprimerie de Ve Berger-Levrault.

DE LA DÉFINITION ET DE LA DÉTERMINATION DE LA DURETÉ

PAR

M. F. HUGUENY.

Je me propose de donner ici le résumé d'un travail sur la dureté des corps[1], qui a été imprimé sans que j'en aie donné communication à la Société des sciences naturelles, et dont il m'a paru convenable de laisser une trace dans ses Mémoires.

Je passe sous silence l'histoire des essais relatifs à la détermination de la dureté, en rappelant toutefois que cette question très-délicate, très-difficile, a été abordée par Muschenbrok, Seebeck, Mohs, et MM. Frankenheim, Franz, Grace-Calvert et Johnson.

Les définitions de cette propriété ont varié, sans devenir plus claires, depuis Huyghens jusqu'à nous, et l'on peut dire sans exagération, qu'aujourd'hui encore les physiciens et les naturalistes n'attachent pas un sens précis au mot *dureté*.

Je me suis proposé, dans le travail que je résume ici, de définir la dureté, de manière à pouvoir la déterminer numériquement et de trouver sa valeur pour les métaux usuels.

1. *Recherches expérimentales sur la Dureté des corps et spécialement sur celle des métaux.* Paris, Gauthier-Villars, 1865, 1 vol. in-8°.

Je dois d'ailleurs faire remarquer que, d'après ma définition, elle n'est qu'un cas particulier de l'ensemble des propriétés que l'on comprend sous le nom général d'*élasticité des corps* et présente, au point de vue de l'expérimentation, des difficultés de même ordre que celles que l'on rencontre dans toutes les recherches qui ont l'élasticité pour objet.

On peut dire que la dureté, soit dans le sens plus ou moins vague adopté antérieurement, soit dans le sens précis que je propose, n'est pas autre chose que l'élasticité étudiée dans l'action exercée normalement ou tangentiellement sur une portion très-limitée de la surface d'un corps.

Je définis la *dureté normale* [1] d'un corps par la résistance qu'il oppose à l'enfoncement d'une même pointe perpendiculaire à sa surface, à une profondeur constante, qui dépasse en général la limite d'élasticité sans atteindre la rupture[1].

La *dureté tangentielle* d'un corps est la résistance qu'il oppose au déplacement d'une même pointe enfoncée à une même profondeur et dépassant la limite d'élasticité sans atteindre la rupture.

J'ai encore considéré une autre *dureté normale* [2], et c'est celle que j'ai déterminée pour les métaux et les alliages dans ce premier travail; cette dureté normale [2] est la résistance opposée par un corps à l'enfoncement d'une même pointe perpendiculaire à sa surface, à une profondeur qui, dépassant en général la limite d'élasticité sans atteindre la rupture, reste constante et égale à $0^{mm},1$, *après l'enlèvement de la charge qui avait déterminé l'enfoncement.*

Je me dispenserai de décrire deux appareils que j'ai fait construire pour la détermination de la dureté normale [1] et de la dureté tangentielle; ces appareils sont à étudier et il serait prématuré de publier les résultats qu'ils m'ont fournis.

Je vais décrire l'instrument qui m'a servi à trouver la dureté normale [2] et je ferai suivre cette description des nombres que l'expérience m'a donnés pour les métaux et les alliages, en employant une pointe d'acier trempé, dont je donnerai plus loin les dimensions.

La pièce principale de l'appareil[2] est un levier en fer très-fort, d'une longueur totale de 420 mill. et d'un poids de 893 grammes, portant à l'une de ses extrémités une tige en bois terminée par une aiguille à coudre, de 800 mill. de longueur. La distance de l'axe des tourillons cylindriques qui servent à la suspension

1. Le mot *rupture* est employé ici, non dans le sens de la rupture du corps, mais comme signifiant la séparation d'une portion minime de ses particules superficielles, comme il arrive en appuyant suffisamment une pointe de diamant sur une lame de verre ou une aiguille d'acier sur un bâton ou une lame de soufre.

2. Voir la planche.

du levier, à l'entaille du bras qui reçoit le crochet et le plateau, est de 200 mill.; la distance du même axe à l'extrémité de l'aiguille est de 1 mètre. Le levier présente vers son milieu une partie massive très-solide, de 60 mill. de longueur, de 25 mill. de large et de 34 mill. de hauteur, dont la majeure partie porte sur la branche opposée à l'aiguille.

Cette pièce forme écrou pour une vis en fer très-solide, de 2 mill. de pas et de 12 mill. de diamètre, terminée dans le haut par une tête en laiton, sur laquelle peut se mouvoir librement une aiguille destinée à servir d'index; la vis offre à sa partie inférieure, et suivant l'axe, une cavité en partie cylindrique et formée, pour le reste, par un angle dièdre, dans laquelle vient s'engager la queue de pointes coniques ou cylindriques en acier trempé, ou de pointes de diamant. Une vis de pression sert à maintenir la pointe, et une autre vis de plus grande dimension maintient solidement la vis principale dans son écrou, quand la pointe a été amenée à toucher la surface de la lame dans laquelle elle doit pénétrer; parallèlement à l'axe de la grande vis et près d'elle se trouve fixée sur le bras de levier une réglette en laiton, qui sert de repère à l'aiguille de cette vis et montre que la grande vis n'a pas tourné dans son écrou pendant l'expérience. La tête de cette même vis a été surmontée en son centre d'une pointe conique en acier, pour pouvoir, au besoin, se servir du cathétomètre pour la mesure de l'enfoncement ou pour la vérification des indications de l'aiguille terminale du levier, desquelles on déduit cet enfoncement.

La distance de l'axe de la vis à l'axe du levier est de 20 mill. — La branche du levier contiguë à la tige en bois porte, dans le voisinage de celle-ci et parallèlement au levier, une petite vis avec écrou mobile, placée sur le levier et destinée à l'équilibrer dans la position horizontale.

La tige en bois se termine par une aiguille qui se meut sur un cadran divisé en millimètres, répondant à l'axe de suspension du levier comme centre et à 1 mètre de rayon.

Pour éviter des erreurs de lecture dans l'appréciation de la position de l'aiguille, on a placé sur le cadran une loupe mobile sur lui et munie d'un cheveu, qui, se plaçant parallèlement à l'axe de l'aiguille, permet de déterminer exactement cette position.

Le cadran a, du reste, été rendu mobile à l'aide d'une vis de rappel perpendiculaire à la longueur de la table, parce qu'il arrive quelquefois que, par suite de légères flexions de la tige en bois, flexions qui dépendent de l'état hygrométrique de l'atmosphère, l'aiguille ne se meut plus dans le plan du cadran, et il importe, pour l'exactitude des lectures, de l'y ramener. L'aiguille n'arrive d'ailleurs qu'au

bord du cadran, et pour qu'elle se détache mieux, on a doublé le bord intérieur du cadran d'une bande circulaire de carton blanc. La table en bois de chêne très-forte, qui porte le levier, a $1^{m},10$ de hauteur et $1^{m},40$ de longueur; pour lui donner plus de solidité, elle a reçu trois jambes de force en fer, dont deux, reliées entre elles par une traverse de même métal, supportent la partie de la table qui reçoit les montants dans lesquels s'engagent les tourillons du levier et sur laquelle sont placées les lames métalliques dans lesquelles les pointes devront pénétrer.

La troisième traverse est fixée sur le pied qui supporte le cadran. On se rend d'ailleurs facilement compte de la forme générale de la table, qui a trois pieds et dont la surface représente une espèce de T.

La table porte dans sa longueur deux vis, dont l'une sert à arrêter le levier dans la position qui fait répondre l'aiguille au zéro du cadran et dont l'autre, placée du côté opposé de l'axe du levier, est destinée à soutenir le levier quand on vient à accrocher le plateau avec sa charge ou à lui ajouter de nouveaux poids. On conçoit l'importance de cette vis: elle permet d'éviter, dans les expériences, les mouvements brusques, les chocs des poids contre les plateaux, qui constitueraient une cause d'erreur sérieuse.

Le levier est soutenu par deux montants en fer, reliés dans le haut par une traverse; les tourillons sont engagés dans des coussinets dont une moitié est formée par la paroi du montant et l'autre moitié par des pièces ajustées avec soin et maintenues avec de fortes vis.

Une tablette en fer, très-solide, qui fait corps avec les montants, est directement boulonnée sur la table en bois et porte à l'une de ses extrémités un talon à ressort destiné à maintenir la lame qui doit être soumise à l'expérience, et à l'autre extrémité un deuxième talon, mis en mouvement par une vis de rappel et permettant d'amener cette lame dans la position qui lui convient. La vis de rappel est d'ailleurs maintenue, quand elle a cessé d'agir, par une vis de pression.

S'agit-il d'employer l'instrument qui vient d'être décrit, on commencera par engager dans la grande vis la pointe dont on veut se servir, en la maintenant fortement avec sa vis de pression. La lame qui doit être essayée sera placée sur la tablette en fer, amenée à la position convenable et maintenue par le talon à ressort; on s'assurera d'ailleurs qu'elle touche bien le plan d'appui, dont l'horizontalité aura été réglée ou vérifiée à l'aide d'un niveau à bulle d'air.

Pour la pointe particulière employée, on réglera l'horizontalité du fléau à l'aide du bouton en écrou dont il a été question; la position à donner à ce dernier sur sa vis sera celle qui amène l'aiguille en regard du zéro du cadran, d'après l'installation préalable de l'instrument. On relève la vis de soutien, qui se trouve sur la

table du même côté que l'aiguille par rapport à l'axe du fléau, jusqu'à ce qu'elle touche la partie inférieure du bras de levier qu'on appuie sur elle.

On fait alors descendre la grande vis, jusqu'à ce que l'on constate, à l'aide d'une petite lunette qui peut tourner autour d'un axe horizontal et dont on amène l'axe optique à être presque parallèle à la surface de la lame, que la pointe est au contact, ce dont on s'aperçoit par la tangence de la pointe et de son image.

Ce qui prouve d'ailleurs le contact en ce moment, c'est qu'en employant des lames très-dures, des lames d'acier trempé, par exemple, en continuant à faire tourner la vis, après avoir abaissé au préalable la vis de soutien qui est du côté du cadran, on voit immédiatement la pointe de l'aiguille descendre au-dessous du zéro. La pointe d'acier étant au contact de la lame, on serre fortement la vis de pression de la grande vis et on amène l'aiguille de la tête de cette deuxième vis en regard de la réglette fixée sur le levier; on s'assurera, par l'invariabilité de sa position, que la grande vis n'a pas tourné dans son écrou pendant l'expérience.

On amène au contact du levier la deuxième vis de soutien et on suspend au crochet de l'extrémité libre du levier un plateau en cuivre ou en bois, dont le poids connu est en rapport avec la dureté présumable de la lame; on abaisse doucement cette vis et on voit comment marche l'aiguille; on note ce résultat et on ajoute au plateau des poids plus ou moins grands, selon que l'aiguille a moins ou plus marché vers la division 5 du cadran, en relevant, avant chaque addition de poids, la deuxième vis de soutien pour l'abaisser ensuite.

L'aiguille ayant atteint la division 5, on relève la deuxième vis et on enlève avec précaution le plateau, pour apprécier la *position de retour*, c'est-à-dire la position que l'aiguille va prendre sur le cadran, lorsque la pointe aura été relevée en partie par la réaction de la lame et lorsque les tourillons seront venus reprendre sensiblement la position initiale qu'ils avaient dans les coussinets.

Si l'aiguille reste en place, ce qui arrive pour les corps très-mous, comme le plomb, l'étain, etc., l'expérience est terminée; mais si l'aiguille revient à une position inférieure à 5 divisions, on chargera plus ou moins le plateau, selon l'écart plus ou moins grand de l'aiguille relativement à la cinquième division ; on suspendra de nouveau le plateau, on abaissera avec précaution la vis de soutien et on arrivera ainsi à faire prendre à l'aiguille une position supérieure à 5 divisions; on appréciera la position de retour et on continuera ainsi jusqu'à ce qu'elle réponde à la cinquième division.

La durée de ces diverses opérations, quand on en a acquis l'habitude, varie ordinairement de 1 à 5 minutes.

Nous allons dire maintenant comment nous avons déduit des nombres donnés

par l'expérience, les nombres qui doivent représenter les duretés des métaux et des alliages essayés.

Au premier abord, rien ne paraît plus simple; il semble qu'il n'y aura qu'à multiplier la somme des poids du crochet, du plateau et des poids marqués qu'il contenait, quand l'aiguille marquait 5 divisions avant l'enlèvement de la charge, par le rapport du bras de levier du plateau au bras de levier de la pointe, c'est-à-dire d'après les nombres donnés plus haut, par 10, pour avoir la résistance normale [1] de la lame, répondant à un enfoncement de $0^{mm},1$; ce serait inexact. Les tourillons du levier ne sont pas, en effet, si bien engagés dans les coussinets qu'ils ne puissent éprouver un déplacement. Or, ce déplacement donne lieu à plusieurs erreurs :

1° Le relèvement du centre de gravité du fléau exigera, relativement au point fixe nouveau[1] représenté par le point de contact final des tourillons et des coussinets, qu'on tienne compte du poids du levier.

2° Le déplacement des tourillons, changeant le point de contact, modifiera la longueur du bras de levier de la pointe et la distance du point de contact à l'extrémité de l'aiguille, de sorte que leur rapport n'étant plus celui de 1 à 50, qui répond à la position du fléau non chargé, la division 5, occupée par l'aiguille sur le cadran, n'indiquera plus un enfoncement de $0^{mm},1$, mais un enfoncement différent; c'est à cet inconvénient que la *position de retour* est destinée à obvier.

Lorsque la charge est enlevée, l'axe de rotation du levier reprend sensiblement sa position initiale; de plus il arrive, en général, en ce moment que le fond du trou formé par la pointe se relève avec elle, et d'après la définition que nous avons adoptée pour la dureté normale [2], on devra prendre la position de retour de cinq divisions, comme celle qui répond à un enfoncement de la pointe de $0^{mm},1$ dans toutes les lames, *une fois la charge enlevée.*

On déduira d'ailleurs de la charge qui a donné lieu à cette position de retour, la résistance opposée par la lame à l'enfoncement de la pointe, c'est-à-dire la dureté normale [2]. Comme on l'a fait remarquer plus haut, s'il n'y avait ni frottement ni relèvement de l'axe, on aurait sur-le-champ la résistance Q de la lame, en multipliant la charge totale P par le rapport inverse des bras de levier; dès lors les valeurs de Q étant proportionnelles à celles de P, ces dernières pourraient servir de mesure à la dureté. Mais on peut tenir compte des deux causes d'erreur qui viennent d'être signalées. Si on appelle, en effet :

1. Je considère le point d'intersection de la ligne de contact des tourillons avec le plan vertical qui passe par le centre de gravité du levier.

φ l'angle avec la verticale, de la normale commune aux tourillons et aux coussinets, après le relevement;

R la résistance des coussinets;

P la charge totale appliquée à l'extrémité du levier;

Q la résistance de la lame à l'action de la pointe;

p le poids du levier;

L la longueur du bras de levier de la charge, comptée depuis l'axe des tourillons;

l le bras de levier de la pointe depuis le même axe;

r le rayon des tourillons;

On trouve sans peine l'équation d'équilibre suivante, en remarquant que $R - Q \quad P - p$:

$$P L - Q l + (Q - P - p) r \sin \varphi = 0,$$

d'où
$$Q = \frac{P(L - r \sin \varphi) - p r \sin \varphi}{l - r \sin \varphi}.$$

En substituant dans cette valeur de Q les nombres qui se rapportent à l'appareil employé :

$L = 200$ mill., $l = 20$ mill.; $r = 5$ mill., $r \sin \varphi = 4.642$ mill., $p = 893$ grammes,

on trouve
$$Q = \frac{P \text{ gr.} \times 195{,}358 \text{ millim.} - 893 \text{ gr.} \times 4{,}642 \text{ millim.}}{15.358 \text{ millim.}}$$

$$\text{ou } Q = P \text{ grammes} \times 12.7187 - 269.7 \text{ grammes.}$$

C'est la formule qui a servi à calculer les valeurs de Q des tableaux qui vont suivre; en regard de ces nombres je rapporte les duretés normales [2] à celle du cuivre prise pour unité.

Tableau des duretés normales [2] des métaux et des principaux alliages.

Pointe en acier trempé jaune-paille, d'un angle de 30°, terminée, au commencement des expériences, par une tête arrondie ou segment sphérique de 0.52 mill. de diamètre et de 0.28 mill. de flèche[1].

MÉTAUX.	TEMPÉRATURE.	VALEURS DE P. En grammes.	VALEURS DE Q. En grammes.	DURETÉS.
		MÉTAUX.		
Fer doux recuit	20°	4,198	53,123	1.64
Platine (pur).	22°,8	3,838	48,545	1.50
Palladium (pur)	22°	2,613	32,964	1.02
Cuivre laminé et poli . . .	21°	2,568	32,392	1
Zinc fondu	22°	2,138	26,923	0.83
Argent (pur)	22°	1,668	19,945	0.61
Nickel ordinaire	22°,6	1,511	18,928	0.58
Or (pur)	22°,5	1,464	18,350	0.57
Aluminium (pur)	22°,6	1,378	17,257	0.53
Bismuth (fondu et poli) . .	19°,6	600	7,361	0.23
Cadmium (fondu et poli). .	19°,5	553	6,763	0.21
Étain	22°	373	4,475	0.14
Plomb	22°	263	3,075	0.095
		ALLIAGES.		
Métal des cloches	20°,4	5,738	72,700	2.24
Bronze ordinaire.	20°,4	4,788	60,628	1.87
Bronze d'aluminium à 10%	20°,8	3,638	46,001	1.42
Bronze d'aluminium à 5 %	20°,9	2,888	36,462	1.12
Laiton fondu.	20°,4	3,197	40,392	1.25
Laiton laminé	20°,4	2,738	34,554	1.06
Alliage d'imprimerie. . . .	20°,3	623	7,654	0.24
Poterie d'étain.	20°,3	573	7,018	0.22
Alliage des théières anglaises	21°	573	7,018	0.22
Soudure des plombiers . .	20°,4	473	5,696	0.17
Alliage de Darcet	20°,4	373	4,475	0.14
Monnaie de billon française, 1861[2]	15°,2	5,438	68,894	1.385
Cuivre laminé et poli . . .	15°,2	3,938	49,716	1

1. Ces nombres ont été obtenus avec une machine à diviser de Perreaux.

2. Lorsque cette expérience a été faite, la pointe d'acier avait été émoussée par son usage sur de la fonte trempée, on a dû chercher à nouveau les valeurs de P et de Q pour le cuivre, et c'est en divisant la valeur de Q relative à la monnaie de billon, par celle obtenue en dernier lieu pour le cuivre, qu'on a trouvé le nombre 1.385.

Bronze des canons.

L'ancien directeur de la fonderie de Strasbourg, M. le lieutenant-colonel Lucas, a bien voulu faire diviser, à ma prière, l'obusier de campagne : *le Badinage*, fondu à Strasbourg en 1840 et mis au rebut.

Sa composition était :

Cuivre	89.22
Étain	10.38
Plomb	0.40

On a pris 3 rondelles, l'une (1) à la lumière, l'autre (2) aux tourillons et la troisième (3) vers l'extrémité de la volée; — chacune d'elles a fourni deux lames, l'une répondant à la circonférence intérieure, l'autre à la circonférence extérieure.

Voici les résultats que ces lames ont fournis :

BRONZE DES CANONS.	TEMPÉRATURE.	VALEURS DE P. En grammes.	VALEURS DE Q. En grammes.	DURETÉS.
Lame n° 1, interne	20°,3	4,038	51,089	1.58
Lame n° 1, externe	20°,3	4,038	51,089	1.58
Lame n° 2, interne	21°	3,988	50,453	1.56
Lame n° 2, externe	21°	4,518	57,194	1.76
Lame n° 3, interne	21°	4,563	57,766	1.78
Lame n° 3, externe	21°	4,658	58,974	1.82

Les nombres qui précèdent, quoique peu différents, semblent indiquer que la dureté va légèrement en augmentant, de la culasse à l'extrémité de la volée, et que, peut-être, la dureté des parties voisines de l'âme est un peu plus faible que celle des parties voisines de la surface de la pièce.

Fers. — Fonte. — Aciers.

MÉTAUX.	TEMPÉRATURE.	VALEURS DE P. En grammes.	VALEURS DE Q. En grammes.	DURETÉS
Fer laminé	21°,4	4,438	56,176	1.73
Fer forgé	21°,4	4,938	62,535	1.93
Fonte douce[1]	21°,1	4,938	62,535	1.93
Acier non trempé[2]	21°	5,798	73,474	2.27
Acier trempé[3]	21°,1	8,338	105,779	3.26

1. La lame présente des traces évidentes de rupture, au bord vers lequel la pointe a marché.

2 et 3. J'ignore la provenance de ces aciers et le degré de trempe du dernier; je me propose au surplus de faire une étude spéciale de la dureté des aciers.

Fers et fontes des forges d'Audincourt (Doubs)[1].

MARQUES des échantillons.	DÉSIGNATION.	OPÉRATIONS SUBIES.	MATIÈRES PREMIÈRES EMPLOYÉES.	TEMPÉRATURE.	VALEURS DE P. En grammes	VALEURS DE Q. En grammes	DURETÉS.
	Cuivre laminé et poli.			21°	2,568	32,392	1
A	Fer au bois forgé.	Affinage par la méthode comtoise; forgeage au pilon.	Fonte au charbon de bois provenant du minerai en grains, oolithique.	15°,2	5,738	72,710	2.24
B	Fer au bois laminé.	Les deux opérations ci-dessus; plus un réchauffage à la houille et le laminage.	Les mêmes que ci-dessus.	15°,2	4,738	59,991	1.85
C	Grosse tôle au bois, servant pour chaudières à vapeur.	On réunit en grosses trousses des fers au bois laminés; ces trousses sont échauffées au rouge soudant, soudées au pilon, puis laminées.	Fer au bois laminé.	15°,2	4,938	62,535	1.93
D	Tôle au bois pour casserie.	Fer au bois laminé, chauffé à la houille, au rouge blanc, puis relaminé et recuit.	Fer au bois laminé.	17°,6	4,138	52,360	1.61
E	Tôle plombée.[2]	Tôle semblable à l'échantillon D, décapée à l'acide chlorhydrique, puis plombée.	Tôle au bois. Alliage de plomb et d'étain.	18°,8	1,288	16,112	0.50
F	Fer-blanc brillant.[3]	Étamage au suif.	Tôle au bois. Étain.	19°,4	1,938	24,379	0.75
G	Moulage en fonte.	Fusion au coke de la fonte brute, moulage en châssis dans le sable.	Fonte au bois, obtenue de minerai en grains.	17°,6	5,938	75,254	2 32
	Fonte trempée.[4]	Fonte au coke coulée dans une coquille en fonte.	Fonte au coke.	15°,2	12,938	164,285	7.98
H	Cuivre laminé et poli.			15°,2	1,638	20,573	1

1. Je dois ces échantillons à l'obligeance de l'un de mes anciens élèves, M. P. Edel, autrefois employé aux forges d'Audincourt.

2 et 3. Les échantillons E et F qui ont des épaisseurs, le premier de 0.3 mill. et le second de 0.5 mill. environ, ont des duretés intermédiaires entre celles du plomb ou de l'étain et celle du fer. L'échantillon D a 1 mill. d'épaisseur, et les autres échantillons, des épaisseurs qui dépassent 5 mill.

4. La pointe s'émousse fortement pendant son emploi sur cet échantillon; la solidité de l'appareil et la résistance à la rupture de la lame ne me permettent pas d'adopter une position de retour supérieure à 3 mill. Les bords du trou obtenus laissent même voir quelques particules détachées. On cherche les valeurs de P et de Q pour le cuivre, avec la même position de retour.

Fers et Aciers[1].

MÉTAUX.	TEMPÉRATURE.	VALEURS DE P. En grammes.	VALEURS DE Q. En grammes.	DURETÉS.
Cuivre laminé et poli[2]	18°,4	3,238	40,913	1
Fer doux et recuit	18°,4	5,438	68,894	1.68
Fer doux forgé, non recuit. . . .	18°,4	7,438	94,332	2.30
Fer doux laminé	18°,4	6,938	87,972	2.15
Acier cémenté d'Allemagne, non trempé	18°,4	5,538	70,166	1.70
Acier fondu français, non trempé	18°,4	7,438	94,332	2.30
Acier fondu anglais, non trempé	18°,4	7,938	100,691	2.46
Acier cémenté d'Allemagne, trempé à ressort.	18°,4	8,938	113,410	2.77
Acier fondu français, trempé à ressort	18°,4	9,938	126,129	3.08
Acier fondu anglais, trempé à ressort	18°,4	10,938	138,847	3.39

1. Ces lames ont été travaillées, ainsi que d'autres dont je compte m'occuper plus tard, par notre habile fabricant d'instruments de chirurgie, M. Elser.

2. Je commence le tableau par le cuivre laminé, parce que la pointe qui a été employée jusqu'à présent, s'est émoussée; sa flèche a diminué et les valeurs de P et de Q ont par cela même dû s'accroître.

Légende de la planche.

1, 1'. Levier en fer.

2. Axe du levier en acier.

3. Supports en fer.

4. Pièces maintenues à l'aide de vis, et formant la seconde moitié des colliers.

5. Pièce de rejoint des supports.

6. Tige en bois, légère, terminée par une aiguille à pointe fine, en regard d'un cadran divisé en millimètres.

7. Bouton fileté, en cuivre, se mouvant sur une vis fixe destinée à équilibrer le levier.

8, 8'. Vis à tête filetée, servant, la première, à arrêter le levier au zéro du cadran, la seconde à ne permettre l'enfoncement de la pointe qu'avec lenteur, sous la charge appliquée au levier.

9. Vis à tête filetée, recevant par le bas les pointes d'acier ou de diamant qui doivent entamer les lames, et terminée par le haut par une pointe conique d'acier qui permet d'apprécier l'enfoncement par le cathétomètre.

10 Vis de pression servant à arrêter la vis 9 dans son écrou.

11. Réglette fixée au levier et servant de repère à une aiguille placée sur la tête de la vis 9.

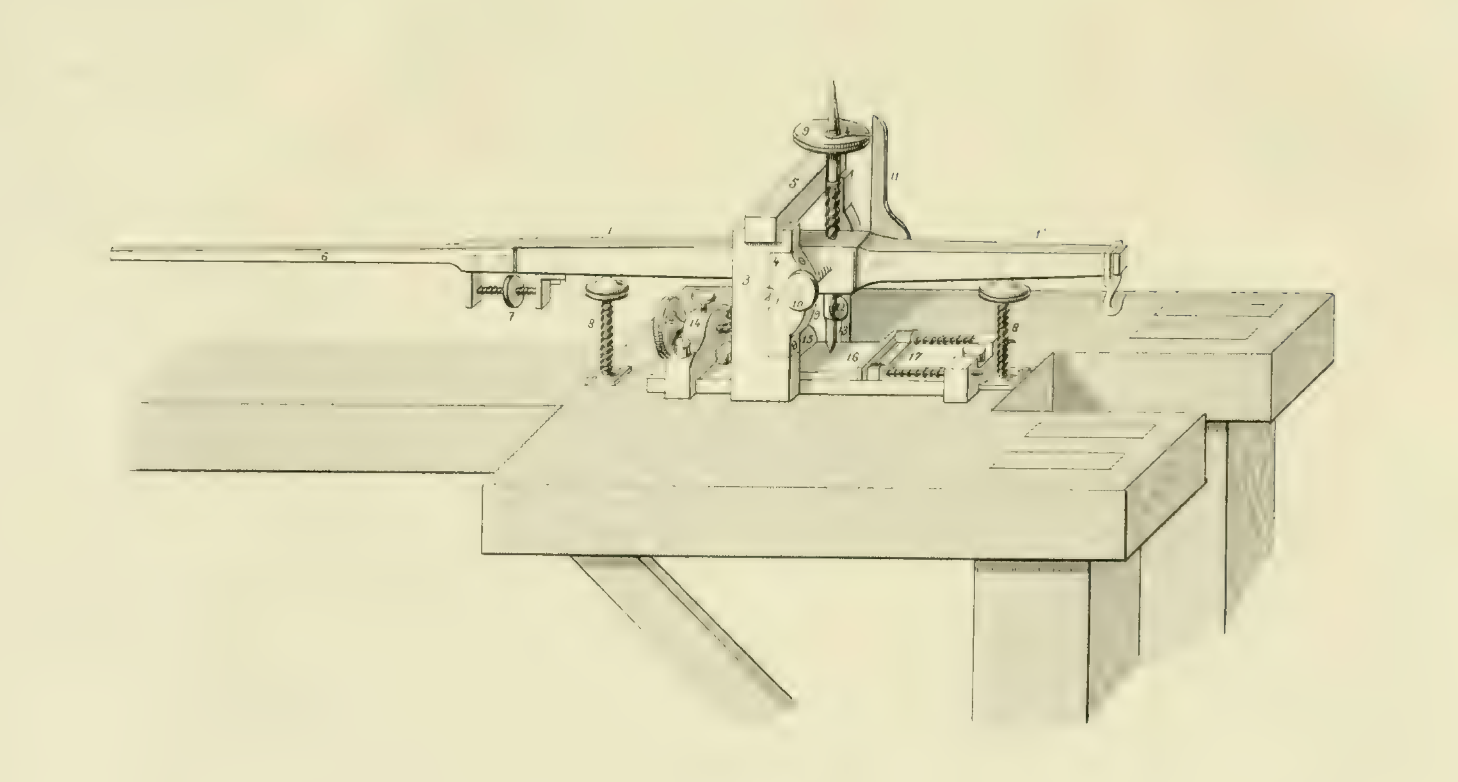
12. Vis de pression qui retient la pointe d'acier 13.

14. Vis de rappel et son écrou pressant, par l'intermédiaire du talon 15, la lame 16.

17. Talon avec ressort, pressant la lame en sens contraire du système 14.

Strasbourg, imprimerie de Vᵉ Berger-Levrault.

Appareil pour la détermination de la Dureté des corps



Ch. Gerhardt delin. | Lith. E. Simon à Strasbourg. | Echelle au $\frac{25}{100}$

ÉLOGE HISTORIQUE

DE

M. LE PROFESSEUR SARRUS

Membre de la Société des sciences naturelles de Strasbourg
ancien Doyen de la Faculté des sciences

PRONONCÉ

PAR M. BACH

Messieurs,

Le savant, l'homme de bien dont j'ai à vous raconter la vie et les travaux, était une de ces organisations d'élite qui n'attendent, pour briller au premier rang, que des circonstances favorables. S'il eût recherché un plus vaste théâtre, s'il eût mis au service d'une légitime ambition les éminentes facultés dont il était doué, il aurait, sans aucun doute, en donnant un corps et la vie à plus d'une conception féconde, réalisé dans le domaine des sciences exactes des progrès dont ses œuvres nous laissent entrevoir la mesure, et son nom, devenu célèbre dans l'histoire des mathématiques, eût passé à la postérité associé à ceux de nos grands géomètres.

Bien qu'il n'ait pas eu tout l'éclat auquel il semblait destiné, ce nom, une des gloires les plus pures de l'Université, doit être pour nous un objet de vénération. Il doit être aussi un précepte et un exemple, car il veut dire honneur, science et travail, et résume à lui seul les qualités qu'on est en droit d'exiger de tous ceux qui embrassent la noble carrière de l'enseignement.

Pierre-Frédéric Sarrus naquit à Sainte-Affrique le 10 mars 1798. Son père, officier de marine, mourut la même année, et sa mère dut veiller seule à son éducation, ce qu'elle fit avec une tendre et intelligente sollicitude. Disons à ce propos que la Providence récompensa cette digne mère de son dévouement, et lui permit de jouir pendant une heureuse vieillesse de l'amour de ce fils dont elle avait vu grandir le talent et la renommée.

Dès son plus jeune âge, Sarrus se fit remarquer par son esprit éveillé et une mémoire qui tenait du prodige; pour le reste il fut, de son propre aveu, un médiocre écolier. Au collége ses succès n'eurent rien de remarquable, il se pliait avec répugnance à la discipline sévère de la classe, et les professeurs de Sainte-Affrique le regardaient comme un sujet assez ordinaire. Hâtons-nous de dire cependant que le professeur de mathématiques ne partageait pas l'opinion de ses collègues, qu'il finit même par prendre son élève en affection, mais alors l'élève avait déjà dépassé le maître.

A dix-sept ans Sarrus se rendit à Montpellier dans le but de compléter ses études, et surtout de se perfectionner dans les mathématiques, afin de se vouer plus tard à l'enseignement de cette science pour laquelle il avait en mainte occasion manifesté une remarquable aptitude. A peine était-il à Montpellier, qu'arrivait le désastre de Waterloo. Quoique bien jeune encore, Sarrus était signalé comme bonapartiste, il professait de plus la religion réformée : c'étaient, sous la Restauration, des titres peu favorables pour entrer dans l'enseignement public; il renonça donc à son premier projet et résolut d'étudier la médecine. Mais la fatalité le poursuivait, et lorsqu'il réclama le certificat de bonnes vie et mœurs qui lui était nécessaire, ce certificat lui fut refusé; je transcris textuellement les termes du refus.

« Le maire pense qu'un jeune homme auteur et propagateur de chansons sédi-
« tieuses, outrageantes pour le roi et la famille royale, qui avant l'interrègne se
« permit d'arracher et de fouler aux pieds le ruban blanc que portait à la bouton-
« nière un de ses camarades, et qui, dans une autre circonstance, lui prend la
« fleur de lys et fait semblant de la conspuer, ne peut être un bon citoyen, et ne
« mérite pas le certificat qu'il demande.

« Sainte-Affrique, 12 novembre 1815.

« Signé : Rocques. »

Déclaré mauvais citoyen par arrêté du maire de Sainte-Affrique, Sarrus dut aussi renoncer à la médecine. Que fit-il alors? Il revint à sa science de prédilection. Il avait déjà, en faisant connaître ses premiers essais, su mériter la bienveillance de Gergonne, professeur de mathématiques à la Faculté, et fondateur d'un

journal, auquel de 1810 à 1831 les géomètres les plus distingués confièrent leurs travaux. Le savant professeur qui tenait en haute estime les heureuses dispositions et le noble caractère du jeune étudiant, fut vivement touché de la situation pénible dans laquelle le mettait le refus de certificat; il voulut être son protecteur, et lui facilita les moyens de rester à Montpellier.

Encouragé par les conseils de Gergonne, confiant dans ses forces, Sarrus s'adonna à l'étude avec une ardeur infatigable, et convaincu que le savant vraiment digne de ce nom ne doit pas se confiner exclusivement dans sa spécialité, il chercha par des lectures variées et par la fréquentation des cours à s'instruire dans les différentes branches des connaissances humaines. Ce n'étaient là pourtant que les délassements de travaux plus sérieux, car dans le même temps, il poursuivait l'initiation aux œuvres des grands maîtres, initiation pénible, abordable seulement pour les fortes intelligences, mais indispensable à celui qui veut marcher d'un pas ferme dans la voie de la science. Il passa cinq laborieuses années dans la contemplation des monuments impérissables dont les architectes se nomment Bernouilli, Euler, Lagrange et Laplace, puis, inspiré par ces grands modèles, il se mit à l'œuvre; il avait alors vingt-deux ans.

De 1820 à 1828 il publia dans les *Annales de Gergonne* une suite d'articles et de mémoires dont les titres figurent à la liste complète de ses travaux. Il nous suffira de dire qu'on y trouve sur *les développements de certaines fonctions en séries*, sur *l'intégrabilité des fonctions différentielles*, sur *les intégrales définies*, des recherches dont chacun reconnaîtra l'originalité et la valeur, surtout s'il se reporte à l'époque où elles ont vu le jour. Mentionnons aussi, parmi ses productions les plus importantes de cette période, un Mémoire sur *les lois du mouvement des fluides* et un autre sur *les oscillations des corps flottants.*

Il s'occupa également de la pratique de la science, il étudia la question des engrenages, fit connaître un procédé aussi simple qu'ingénieux pour la construction des cadrans solaires, dota l'industrie d'une turbine qui fonctionne encore avec avantage dans plusieurs établissements du Midi et de l'Alsace. Je ne parlerai pas de ses nombreuses inventions sur les sujets les plus divers, tous ceux qui l'ont connu ont pu admirer ses productions dans ce genre, et savent que ces inventions, il ne se contentait pas de les concevoir, mais qu'il en exécutait lui-même les modèles, aussi habilement que l'aurait pu faire un ouvrier consommé.

Nous avons laissé Sarrus absorbé dans l'étude, et débutant avec bonheur dans la carrière de géomètre. Une modique pension et le produit de quelques leçons suffisaient à ses goûts modestes; mais songeant à choisir une compagne, il dut chercher à acquérir une position moins précaire. Il se tourna de nouveau vers l'in-

struction publique et prit ses grades universitaires à la Faculté de Montpellier. Ils furent bientôt conquis : nous le voyons en effet en moins de trois mois bachelier ès lettres, bachelier, licencié et docteur ès sciences. Ses thèses, soutenues le 17 février 1821, ont pour titre :

Essai sur la théorie du son.

Essai sur le mouvement des planètes autour du soleil.

Les succès obtenus dans ses examens firent oublier en partie les peccadilles de 1815, et en 1822 il fut nommé régent de mathématiques et de physique à Pezenas, où il se maria la même année.

Pendant son séjour dans cette petite ville, il se lia avec M. Reboul, ancien préfet de l'Empire. Mad. Reboul, émule de Mad. Dacier, était versée dans l'étude des langues anciennes. Il apprit le grec sous la direction de cet aimable maître, qui aujourd'hui plus qu'octogénaire, survit à son élève. Doué d'une rare facilité pour l'étude des langues, Sarrus parvint en peu de temps à comprendre et à apprécier les chefs-d'œuvre que nous a légués l'antiquité.

Néanmoins, ni le grec ni les soins de la famille ne lui font négliger la science. Il continue ses publications dans les *Annales de Gergonne*, et en 1823 il emporte au concours le titre d'agrégé. Ce titre, qu'il méritait mieux que tout autre par l'étendue et la solidité de ses connaissances, il faillit ne pas l'obtenir. Bien qu'admis à l'inscription, son nom, au moment décisif, avait disparu de la liste. Fort de sa valeur et de son droit, il se rend à Paris, va trouver le président du concours. Le président, c'était Poisson. Tous ceux qui ont connu l'illustre géomètre savent avec quel soin, quelle impartialité il veillait à cette importante épreuve de l'agrégation qui fait la force de l'enseignement universitaire. Indigné de la mesure inique qui frappait un homme honorable à tous égards, Poisson fit rétablir Sarrus sur la liste des candidats; il est inutile d'ajouter qu'admis à concourir, il fut reçu avec distinction.

L'administration aurait dû oublier complétement ses vieilles rancunes et lui donner une position en rapport avec le titre qu'il venait d'acquérir; il n'en fut pas ainsi; au lieu de chercher à employer utilement un fonctionnaire des plus capables, elle le laissa encore pendant quatre ans au collége de Pezenas.

Bien d'autres, à sa place, eussent perdu courage; quant à lui, en attendant des temps meilleurs, il cherchait dans le travail, dans la vie de famille et dans les douces relations de l'amitié, l'oubli de l'espèce d'ostracisme auquel semblaient le condamner ses affections politiques et peut-être aussi ses croyances religieuses.

Enfin, en 1827, il fut nommé régent de mathématiques au collége de Perpignan. La ville avait créé, depuis quelques années, un cours public de physique. Sarrus

en fut chargé, et bientôt réunit autour de lui de nombreux auditeurs attirés par le talent du maître, et surtout par la variété des expériences dont un grand nombre étaient de son invention, dont d'autres, exécutées d'ordinaire avec des appareils coûteux, étaient réalisées par lui à peu de frais, grâce à son génie particulier pour la mécanique.

Les succès qu'il obtint dans ce cours lui procurèrent de vives satisfactions d'amour-propre, et contribuèrent à effacer de sa mémoire le souvenir de ses tribulations d'autrefois. Il est juste aussi de dire que Sarrus commençait à être mieux apprécié par l'autorité universitaire. Quand, après un temps de crise, un homme d'intelligence et de cœur arrive aux affaires, les rancunes s'apaisent, l'intrigue se dissimule, le mérite méconnu se fait jour, tout, en un mot, se transforme. Cette transformation, nous la voyons s'accomplir dans le moment sous les auspices de l'homme d'État auquel l'Empereur a confié, depuis quelques années, la direction de l'instruction publique; mais ceux qui nous ont précédés dans la carrière, assistèrent, il y a plus de trente ans, à pareil spectacle, et prononcent avec reconnaissance et respect le nom de Vatisménil.

M. de Vatisménil, en effet, venait d'entrer au ministère : Sarrus, comme tant d'autres, ressentit l'heureuse influence de ce bienfaiteur de l'Université; il fut immédiatement rangé parmi les fonctionnaires les plus dignes, et désigné pour recevoir, à la prochaine occasion, un avancement que réclamaient ses bons services et ses nombreux titres scientifiques.

Cette occasion ne se fit pas longtemps attendre, et le 21 décembre 1829, il fut nommé professeur de mathématiques à la Faculté de Strasbourg, sous le ministère de M. de Guernon-Ranville.

De cette époque date pour Sarrus une ère nouvelle. Désormais à l'abri des vexations qu'il avait eu à subir, délivré des fatigues inséparables de l'enseignement secondaire, il tourna tous ses efforts vers les progrès et la propagation de la science; il y contribua par ses paroles et par ses écrits.

Dès le début, il s'associa au mouvement scientifique de notre ville, en se faisant admettre dans nos deux sociétés savantes, la Société des sciences, agriculture et arts du Bas-Rhin, et celle du Muséum. Il en fut, pendant vingt ans, un des membres les plus actifs et les plus assidus; il enrichit leurs annales de remarquables travaux.

Au journal de Gergonne avait succédé celui de M. Liouville. Sarrus inséra au tome VI de ce recueil un long mémoire sur la *résolution des équations numériques à une ou plusieurs inconnues*. Ce mémoire avait été précédé d'une brochure ayant pour titre : *Essai sur la résolution des équations.* L'impartialité nous fait un devoir

de dire que les travaux de Sarrus sur cette matière n'ont pas eu la complète approbation des géomètres et que ses méthodes peu pratiques n'ont pas pénétré dans nos écoles.

En 1834, il publiait sur *l'élimination par le plus grand commun diviseur* un travail qui, plus que tous les autres, contribua à rendre son nom populaire. L'élimination d'une inconnue entre deux équations de degré quelconque, faisait partie de l'ancien programme d'admission à l'École polytechnique; et sa méthode, qui répondait à un besoin réel, fut de 1835 à 1851 enseignée dans les classes de mathématiques spéciales.

Nous le trouvons quelques années plus tard s'occupant de médecine, et écrivant, en collaboration avec M. Rameaux, un mémoire sur *les applications des sciences accessoires à la physiologie* qui mérita l'approbation de l'Académie de médecine de Paris.

Le décanat de la Faculté des sciences étant devenu vacant en 1839, Sarrus y fut nommé, et le 1er janvier 1840, il recevait la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

Ses connaissances en théorie jointes à la rare aptitude dont il était doué pour les combinaisons mécaniques, lui avaient donné dans la science des machines une supériorité incontestable. Il entra, dès son arrivée en Alsace, en relation avec les grands manufacturiers des deux départements, et, en 1841, la Société industrielle de Mulhouse l'associa à ses travaux.

Ainsi la vie de Sarrus, depuis son arrivée à Strasbourg, était bien remplie, il soutenait dignement la réputation de la Faculté des sciences, et bientôt il devait par ses triomphes académiques lui donner un nouveau relief.

Dès sa jeunesse il avait songé sans relâche à l'une des questions les plus épineuses de l'analyse; je veux parler du *calcul des variations.* Ce calcul, dont nous trouvons les premières traces dans le problème de la *Brachistochrone*, posé, en 1696, par Jean Bernouilli, eut le privilége d'exercer le génie d'Euler et de Lagrange, et l'on peut dire que les efforts réunis de ces deux illustres géomètres constituèrent une méthode à peu près complète, quand la solution de la question ne dépend que d'intégrales simples; mais le cas des intégrales multiples présentait encore de grandes difficultés, sur lesquelles s'exercèrent, c'est tout dire, Gauss et Poisson. Le calcul des variations en était là, lorsqu'en 1840 l'Académie des sciences proposa pour le concours du grand prix de mathématiques la question suivante :

Trouver les équations aux limites que l'on doit joindre aux équations indéfinies pour déterminer complétement le maximum et le minimum des intégrales multiples.

Sarrus était à la hauteur du sujet, et quoiqu'il n'eût encore rien écrit sur la matière, son plan était parfaitement arrêté dans sa tête. Il se met à l'œuvre et adresse à l'Institut un mémoire intitulé: *Recherches sur le calcul des variations;* il porte la devise: A *force d'étudier un sujet sous toutes ses faces, on finit par en déduire quelque chose.*

Ce mémoire, inséré au tome X du *Recueil des savants étrangers*, obtint le grand prix en 1843.

Il nous est impossible d'analyser cet important ouvrage. Contentons-nous de dire que Sarrus eut l'heureuse idée d'introduire un signe particulier pour indiquer les substitutions à faire dans une fonction quelconque, et par ce simple artifice parvint à surmonter les obstacles qui avaient arrêté ses devanciers. Ajoutons encore que cette innovation, l'introduction de ce signe, éveilla puissamment l'attention des géomètres. Cauchy, dès 1844, s'empressa d'en faire le point de départ d'un nouvel exposé du calcul des variations; et si les travaux de Sarrus ont été l'objet des attaques d'un savant allemand, ils viennent de trouver, dans MM. Moigno et Lindelof, des vulgarisateurs habiles et de vaillants défenseurs.

Le rapport de la commission chargée d'examiner les pièces présentées au concours se trouve au tome XVII des comptes rendus. Dans le même volume, à propos de la belle comète qui apparut en 1843, Sarrus publia l'annonce d'un mémoire sur la détermination des orbites cométaires.

Lauréat de l'Institut, auteur d'une œuvre considérable, il eût pu sans trop de présomption frapper aux portes de l'illustre compagnie. Les encouragements, d'ailleurs, lui arrivaient de toutes parts, il était spontanément, et à deux reprises, présenté par la Faculté des sciences et par le Conseil académique de Paris pour une chaire à la Sorbonne, et bientôt après il était nommé associé correspondant de l'Académie royale des sciences de Turin. Mais il n'ignorait pas les déceptions réservées au savant de province qui tourne ses regards vers la capitale. Il s'abstint, en conséquence, de toute démarche dans un but d'avancement, et resta dans notre ville où le tenaient attaché de nombreuses et de vives sympathies, et à laquelle aussi il paya constamment son tribut de bon citoyen.

Versé dans les questions d'utilité publique se rattachant à la science, il prêta aux différentes administrations qui se sont succédé le concours de ses lumières et de son expérience. Appelé en 1848 à siéger dans la commission municipale, il s'y fit remarquer par la sagesse de ses conseils.

Bien qu'ayant mis toute ambition de côté, Sarrus ne se livra pas pour cela aux douceurs du repos. Il était de ceux qui cultivent la science pour elle-même, et non pour les bénéfices que l'on peut en tirer. Il n'entreprit plus, à la vérité, de grands

travaux d'analyse, mais cet esprit d'élite s'occupa des choses les plus diverses, et toujours avec un égal succès.

En 1853, il résolut victorieusement un des problèmes les plus ardus de la cinématique, dont je vais essayer de faire comprendre la portée. Dans un grand nombre de machines, il est nécessaire de transformer les mouvements rectilignes alternatifs en mouvements circulaires continus. On connaît de ce problème plusieurs solutions déjà fort anciennes parmi lesquelles se trouve compris le parallélogramme articulé que Watt a appliqué au balancier des machines à vapeur. Mais ce genre de solution n'est pas entièrement rigoureux, et de là des influences fâcheuses amenant des déformations, et causant une perte notable de travail. Il restait à découvrir une solution véritablement mathématique exempte des inconvénients que nous venons de signaler. C'est à Sarrus que revient le mérite de cette découverte. Il la fit connaître dans un mémoire intitulé: *De la transformation réciproque, rigoureusement exacte, des mouvements rectilignes et circulaires.* Ce mémoire obtint les honneurs de l'insertion au *Recueil des savants étrangers* et aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* Le texte était accompagné d'un modèle, mais hélas! la main déjà tremblante de l'inventeur n'avait plus sa dextérité d'autrefois, et c'est M. Stridbeck, habile amateur des sciences physiques, qui se chargea de l'exécution.

La santé de Sarrus commençait effectivement à éprouver de sérieuses atteintes, il n'était plus cet homme que nous avions connu si vigoureux et si actif. Aussi dès 1852, fatigué des doubles fonctions de professeur et de doyen, il renonça au décanat qu'il avait exercé pendant douze ans.

Cependant l'affaiblissement des forces physiques n'avait point encore amené chez lui l'affaiblissement des facultés intellectuelles, et nous arrivons à l'un des traits les plus remarquables de sa vie scientifique, à l'un de ces traits qui révèlent l'aptitude pour ainsi dire universelle dont il était doué.

En parcourant un jour l'ouvrage du savant orientaliste Sédillot, intitulé: *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux*, il y rencontre la description d'un astrolabe ayant appartenu au baron Larrey, il se souvient qu'il en existe un semblable parmi les instruments au rebut de nos collections. Il retire notre astrolabe de la poussière sous laquelle il était enseveli, il l'examine, le trouve remarquable par la beauté de la matière et par le fini du travail: il lui prend fantaisie de l'étudier.

Ce n'était pas chose facile, l'instrument se compose de pièces diverses sur lesquelles sont tracés une multitude de lignes et de caractères de forme bizarre. Sarrus suppose que ce sont des caractères arabes; il s'entoure de grammaires, de

dictionnaires, il apprend l'arabe, dans le but de comparer notre astrolabe à celui qui est décrit par M. Sédillot. Malheureusement les caractères qui y sont gravés, diffèrent tellement de ceux de l'arabe ordinaire, que tout rapprochement semble impossible. Il ne perd pas courage, et à force de recherches, il finit par découvrir qu'ils appartiennent à une espèce particulière d'écriture coufique, dont il trouve la clef en procédant à la manière de ceux qui veulent déchiffrer une lettre écrite en caractères mystérieux, mais dont le sens leur est à peu près connu.

Dans un mémoire imprimé au tome IV des *Annales de la Société du Muséum*, Sarrus donne la description complète de l'instrument; il établit qu'il date de l'an 605 de l'hégire, et qu'il est dû au même artiste que celui du baron Larrey. A la lecture de ce mémoire, on peut suivre pas à pas les progrès de l'auteur, et apprécier ce qu'il lui a fallu de sagacité et de patience pour mener son œuvre à bonne fin.

Ce fut pour Sarrus le chant du cygne; car bientôt les infirmités l'assaillirent de toutes parts, et l'empêchèrent de se livrer à un travail suivi. Nous espérions pourtant qu'il pourrait mettre au jour les nombreux trésors accumulés dans sa tête plus encore que dans ses cartons, mais nos espérances furent déçues.

Las de l'enseignement, atteint d'une affection laryngée qui par intervalles le privait complétement de l'usage de la parole, il demanda et obtint sa retraite en 1858, après trente-six ans de glorieux services.

Il demeura encore trois ans parmi nous, ne refusant jamais à ceux qui venaient le consulter les ressources de son immense savoir, cherchant même par ses manières affables et par son humeur toujours égale à leur laisser ignorer ses souffrances. Dans les courts moments de répit que la maladie lui laissait, il travaillait encore. Il s'occupa, dans les derniers temps, de l'inégalité de la lune appelée *variation*, et les recherches historiques qu'il fit sur ce sujet l'amenèrent à se ranger à l'opinion de Biot, en restituant à Tycho-Brahé l'honneur d'une découverte que M. Sédillot et tout récemment M. Chasles ont fait remonter à Aboul-Wefa, astronome arabe, qui vivait six cents ans avant Tycho.

Les études qu'avait exigées son travail sur l'astrolabe lui avaient facilité l'accès des langues orientales. Il apprit l'hébreu, et sur la fin de sa vie, il lisait la Bible dans cette langue, discutant et commentant les textes originaux ainsi que l'aurait pu faire un théologien.

Vers le milieu de 1861, la Société des sciences de Montpellier, voulant donner un tardif témoignage de sympathie et d'estime au géomètre qui avait chez elle droit de cité, lui fit savoir par une lettre flatteuse qu'elle tenait à honneur de le compter parmi ses membres. Cette démarche de la Société de Montpellier fut le dernier

hommage rendu à notre savant collègue. A cette époque, déjà miné par la maladie qui devait bientôt l'enlever, il dit adieu à sa fille, à ses amis, et alla demander au ciel du Midi un climat plus favorable.

L'air du pays natal et les soins dévoués d'une épouse, aussi distinguée par le cœur que par l'esprit, semblèrent d'abord lui procurer quelque soulagement, mais l'amélioration n'était, hélas! que passagère, et le 20 novembre 1861 il rendait son âme à Dieu.

Sa fin fut celle du sage qui envisage la mort avec calme et l'attend de pied ferme. Qu'est-ce, en effet, pour le sage que la mort? La dernière étape d'un pénible voyage, après lequel, quittant son enveloppe périssable et prenant son essor vers un monde meilleur, il contemple à loisir l'œuvre infinie de la création, et voit se révéler les sublimes mystères dont il essaya de soulever le voile durant sa vie terrestre.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE M. SARRUS.

ANNALES DE MATHÉMATIQUES DE GERGONNE.

1. Tome X (1819-1820), p. 23. *Application du calcul aux différences partielles à la résolution de quelques problèmes d'analyse*,

Sarrus applique ce calcul au développement en séries des fonctions *polynomiales* et au retour des suites.

2. *Ibid.* p. 184. *Démonstration de la fausseté d'un théorème énoncé à la page* 320 *du IX*e *volume de ce recueil.* (Annales de Gergonne.)

Le théorème en question est le suivant : Tout nombre impair de la forme $2n + 1$ est ou n'est pas premier, suivant que l'un des deux nombres $2n - 1$ ou $2n + 1$ est ou n'est pas divisible par $2n + 1$.

3. *Ibid.*, p. 189. *Essai sur le développement en fractions continues des racines des équations du* 3e *degré et sur l'approximation graphique du problème de la trisection de l'angle.*

4. *Ibid.*, p. 217. *Recherche de diverses séries.*

On trouve dans cet article une expression de Σy où entrent $\int y dx$ et y, mais les autres termes, au lieu d'être formés au moyen de dérivées multipliées par les nombres de Bernouilli, sont formés avec les différences multipliées par des nombres rapidement convergents dont la loi de formation est donnée.

5. *Ibid.*, p. 299. *Problème général des engrenages à axes fixes.*

Sarrus se propose de montrer comment le problème peut être facilement ramené aux procédés généraux de l'analyse mathématique.

6. Tome XI (1820-1821), p. 323. *Exposition des principes fondamentaux de la théorie des fonctions circulaires.*

Démonstration aussi simple que générale des formules qui donnent Sin $(a + b)$, cos $(a + b)$

7. Tome XII (1821-1822), p. 36. *Recherches sur les intégrales définies.*

On démontre dans cet article quelques propriétés des intégrales Eulériennes.

8. *Ibid.*, p. 254. *Note sur les équations différentielles partielles et sur les intégrales définies.* Suite au précédent article.

9. Tome XIV (1823-1824), p. 197. *Recherches sur les conditions d'intégrabilité des fonctions différentielles.*

Sarrus établit les conditions d'intégrabilité à la manière de Condorcet, et donne un moyen de remonter à l'intégrale en se servant des relations mêmes qui ont conduit aux conditions d'intégrabilité.

10. *Ibid.*, p. 229. *Recherches sur les lois générales du mouvement des fluides.*

Ce mémoire, qui renferme quelques résultats nouveaux, est l'un des plus étendus que Sarrus ait publiés.

11. Tome XV (1824-1825), p. 219. *Traité abrégé de gnomonique graphique.*

On y trouve le moyen de tracer les cadrans solaires, dans un lieu dont la latitude est inconnue; sur un plan dont on ignore la situation, en remplaçant la détermination de ces éléments par trois points d'ombre marqués sur le cadran à des intervalles de quelques heures d'une même journée voisine du solstice.

12. Tome XVI (1825-1826), p. 13. *Sur les surfaces caustiques.*

Note sur l'annonce d'un théorème énoncé par Gergonne et démontré par Sarrus.

13. Tome XVII (1826-1827), p. 257. *Sur la gnomonique.*

Simplifications relatives au précédent article sur le même sujet.

14. Tome XIX (1828-1829), p. 185. *Sur les oscillations des corps flottants.*

La question est traitée d'une manière purement analytique et d'une façon plus générale que dans la plupart des ouvrages écrits sur la matière.

Passim : quelques solutions de questions proposées.

JOURNAL DE MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES DE M. LIOUVILLE.

15. Tome VI (1841), p. 171. *Essai sur la résolution des équations numériques à une ou plusieurs inconnues.*

Ayant choisi des valeurs des inconnues, Sarrus donne des caractères pour exclure ces valeurs si elles ne satisfont pas aux équations proposées avec un degré donné d'approximation, et resserrant ainsi les solutions dans un cercle de plus en plus étroit, il arrive à déterminer avec un degré d'approximation donné les solutions du système proposé. Malheureusement, par ce procédé, on n'exclut pas les valeurs étrangères satisfaisant à très-peu près aux équations.

16. Tome XIV (1849), p. 131. *Sur l'intégration des différentielles exactes.*

Article relatif à un travail de M. Bertrand sur ce sujet.

DANS LES MÉMOIRES DE L'INSTITUT. (Savants étrangers.)

17. Tome X (1848), p. 1. *Recherches sur le calcul des variations.*

Ce mémoire, qui est sans contredit l'œuvre la plus considérable de Sarrus, produisit une révolution dans cette branche importante de l'analyse. Par l'emploi de notations nouvelles, et particulièrement par l'emploi d'un signe qu'il nomme signe de substitution, il parvient à mettre la variation d'une intégrale multiple sous une forme d'une application facile et presque immédiate. Au moyen d'exemples donnés à la fin de son mémoire, il montre clairement que sa méthode fournit, dans tous les cas, l'ensemble des équations dont dépend le maximum ou le minimum d'une intégrale multiple quelconque.

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

18. Tome (1853), p. 1036. *De la transformation réciproque rigoureusement exacte des mouvements rectilignes et circulaires.*

Solution géométrique rigoureuse. On y arrive en assujettissant un point à se mouvoir à la fois dans deux plans perpendiculaires à deux systèmes articulés composés respectivement de trois axes parallèles entre eux: le point décrit ainsi une droite perpendiculaire au plan dont la direction est parallèle à celle des deux systèmes d'axes.

L'insertion de ce travail au *Recueil des savants étrangers* a été votée par l'Académie.

Sarrus a présenté en outre à l'Institut quelques mémoires sur lesquels il n'y a pas eu de rapport; en 1843, entre autres, il en présenta un sur la détermination des orbites cométaires.

DANS LES MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES, AGRICULTURE ET ARTS DU BAS-RHIN.

19. Tome II des nouveaux mémoires (1834), p. 192. *Méthode d'élimination par le plus grand commun diviseur.*

20. *Ibid.*, p. 203. *Sur l'interpolation par des fonctions d'une variable.*

DANS LES MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE STRASBOURG.

21. Tome IV, 2[e] livraison (1854), p. 1. *Description d'un astrolabe construit au Maroc en l'an* 1208 *de notre ère.*

Cet astrolabe fait partie des collections de la Faculté des sciences de Strasbourg.

PUBLICATIONS SÉPARÉES.

22. *Essai sur la théorie du son.*

23. *Essai sur le mouvement des planètes autour du soleil.*

Ces deux mémoires ont été présentés par Sarrus comme thèses pour le doctorat.

24. *Nouvelle Méthode pour la résolution des équations numériques* (1838). Paris, Bachelier.

25. *Méthode d'élimination par le plus grand commun diviseur* (1834). Paris, Bachelier.

26. *Traité d'arithmétique décimale pour les écoles primaires* (1839).

27. *Instructions de maître Pierre sur la géométrie* (1849).

Strasbourg, imprimerie de V[e] Berger-Levrault.

NOTE

SUR LA

POSITION GÉOGRAPHIQUE DE STRASBOURG,

D'APRÈS LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES DE M. IVON VILLARCEAU,

et en particulier sur la triangulation destinée à relier le bastion sud-ouest de la citadelle au sommet de la flèche du Münster,

PAR M. BACH.

Connaître exactement la forme et les dimensions du globe que nous habitons, a été de tout temps la préoccupation des géographes et des astronomes; aussi de grands travaux astronomiques et géodésiques ont-ils été entrepris à cet effet tant en Europe que dans les autres parties du monde. Ceux qui, depuis près de deux siècles, ont été exécutés en France, et auxquels les savants les plus illustres ont attaché leur nom, sont une des gloires de notre pays.

Néanmoins, malgré les soins apportés dans les observations et les calculs, l'imposant édifice que nous ont légué nos devanciers est loin d'être parfait.

Une discussion approfondie a fait reconnaître, dans le système des opérations françaises, des discordances inadmissibles et un défaut d'ensemble regrettable dans des travaux d'une si grande importance. Il était donc indispensable de soumettre les résultats obtenus à une épreuve rigoureuse, en mettant au service de l'astronomie les progrès de la physique moderne.

Les astronomes anglais et américains venaient d'employer la télégraphie électrique pour la détermination des longitudes, et leur méthode ne tarda pas à se propager. L'illustre directeur de l'observatoire de Paris l'appliqua bientôt, en la modifiant heureusement, à la détermination des longitudes de Greenwich et de Bourges, et dès 1861 il fut en mesure de faire commencer une série de travaux ayant pour objet la détermination *astronomique* des longitudes, des latitudes et des azimuts des principaux points du réseau trigonométrique français.

La flèche du *Münster* et le signal établi au sommet du *Donon* sont deux sommets de ce réseau; M. Ivon Villarceau, le plus habile astronome de l'observatoire de Paris, chargé de la partie la plus considérable des observations dans les stations de province, séjourna pendant quatre mois à Strasbourg, en 1863, et y détermina astronomiquement la longitude et la latitude du Münster, et l'azimut du Donon par rapport à la méridienne du Münster.

Nous regardons comme un devoir de faire mention, dans le recueil des mémoires de notre Société, d'une opération que plusieurs d'entre nous, grâce à l'obligeance de M. Villarceau, ont pu suivre avec profit, et de faire connaître, sommairement, les résultats publiés récemment, pour Strasbourg, dans les Annales de l'observatoire.

Les longitudes, les latitudes et les azimuts du plus grand nombre des sommets du réseau français n'avaient pas été directement observés, on n'en connaissait que les coordonnées géodésiques, c'est-à-dire celles que l'on déduit du calcul des triangles. Or il importait de contrôler ces coordonnées géodésiques par les observations astronomiques; c'est ce qu'a fait M. Villarceau. Les résultats qu'il a obtenus diffèrent un peu de ceux qui étaient admis jusqu'ici, comme on peut s'en convaincre par le tableau suivant :

1° Longitude du sommet de la flèche du Münster.

Géodésique	5°	24′	53″,8
Astronomique	5°	24′	45″,7
Différence . . .			8″,1.

2° Latitude du Münster.

Géodésique	48°	34′	56″,6
Astronomique. . . .	48°	34′	55″,9
Différence . . .			0″,7.

3° Azimut du Donon par rapport au Münster.

Géodésique	80°	7′	50″,3
Astronomique	80°	7′	48″,6
Différence . . .			1″,7.

Les différences entre les longitudes et les latitudes observées et celles qui ont été déduites du calcul des triangles, quoique petites, n'en sont pas moins certaines, et il en résulte dans la position géographique de la flèche du Münster des changements qui se traduisent en mètres comme il suit :

Les 8″,1 de différence en longitude correspondent à une longueur de 165 mètres, et les 0″,7 de différence en latitude à $2^m,16$.

Ainsi les déterminations astronomiques nous rapprochent de 165 mètres du méridien de Paris, et de 2 mètres de l'équateur.

Les observations astronomiques ne pouvaient, bien entendu, être faites au Münster même; on dut choisir pour cela une station commode, voisine de la ville; un observatoire fut établi sur le bastion sud-ouest de la citadelle, et fut ensuite relié au sommet du Münster au moyen d'une triangulation. M. Villarceau a bien voulu nous laisser, par écrit, des détails intéressants sur cette importante opération topographique; ils font le principal objet de la présente note.

Un théodolite a été établi en T (fig. 1) sur un pilier, à $2^m,95$ au sud de l'instrument méridien qui avait servi à la détermination des longitudes et des latitudes, et c'est du point T qu'ont été observés les azimuts du Münster et du Donon. M est le sommet du Münster, P et Q sont les deux extrémités de la base, dont la longueur est $984^m,09$. On a ensuite mesuré au théodolite les angles.

B, $\alpha = A + B$, D, $\beta = C + D$, $\gamma = E + F$, en opérant aux points T, P et Q.

Ces angles sont :

$$B = 63^\circ\ 33'\ 20'',93 \quad \alpha = A + B = 99^\circ\ 31'\ 34'',33$$
$$D = 29^\circ\ 35'\ 41'',50 \quad \beta = C + D = 96^\circ\ 47'\ 54'',75$$
$$F = 97^\circ\ 10'\ 17'',00 \quad \gamma = E + F = 116^\circ\ 48'\ 42'',33$$

En désignant la base par b, et par r la distance de la station au Münster, r est donné par la formule

$$\frac{r}{b} = \frac{\text{Sin } F.\text{Sin } (C + D)}{\text{Sin } B \text{ Sin } (A + F)}.$$

Cette formule, appliquée aux angles observés, serait suffisante, ainsi que cela est résulté de vérifications ultérieures ; mais pour plus d'exactitude on a corrigé les angles, en employant la méthode usitée en géodésie, méthode qui consiste à tirer des équations excédantes du problème, dans lesquelles les angles ont été augmentés de corrections indéterminées, la valeur de ces corrections, en les assujettissant à être minimum en valeur absolue. Les résultats ainsi obtenus diffèrent peu de ceux que fournirait la méthode des moindres carrés, et les calculs sont plus simples.

Les angles corrigés sont :

$$B = 63^\circ\ 33'\ 25'',67,\ A + B = 99^\circ\ 31'\ 32'',94,\ A = 35^\circ\ 58'\ 7'',27$$
$$D = 29^\circ\ 25'\ 42'',89,\ C + D = 96^\circ\ 47'\ 59'',50,\ B = 67^\circ\ 12'\ 16'',61$$
$$F = 97^\circ\ 10'\ 12'',25,\ E + F = 116^\circ\ 48'\ 47'',08,\ E = 19^\circ\ 38'\ 34'',83$$

Calculant alors la valeur de r, on trouve :

$$r = 1483^{m},906 \text{ avec une erreur qui n'excède pas } \pm 0^{m},14$$

M. Villarceau fait également connaître l'orientation de la base.

Les observations astronomiques lui ont donné l'azimut de la mire méridienne, l'angle de cette mire avec le Münster ayant d'ailleurs été mesuré au théodolite. Il en a déduit l'azimut du Münster, égal à $110^\circ\ 49'\ 12'',55$; retranchant de cet azimut l'angle $A + B$, il trouve pour l'azimut du côté e, $\theta = 11^\circ\ 17'\ 39'',61$ et pour l'angle φ, supplément de $C + D$, $\varphi = 83^\circ\ 12'\ 0'',50$.

L'azimut de la base est d'après cela $94^\circ\ 29'\ 40'',11$.

Le triangle PQT fait connaître e, et la résolution du triangle PTR donne $TR = 367^{m},995$, $PR = 72^{m},582$.

Ce dernier nombre est la longueur dont il faut prolonger la base pour atteindre la méridienne de l'observatoire de la citadelle.

La valeur de r et l'azimut du Münster ont servi à déterminer les différences de

latitude et de longitude de la station astronomique du Münster et celle des azimuts du Donon relatifs à ces deux points. En ayant, en outre, égard à la distance du théodolite et de l'instrument méridien, qui est de $2^m,95$, on trouve les résultats suivants :

Latitude du Münster = latitude de la station astronomique + 16″,97
Longitude *id.* = longitude *id.* + 67″,69
Azimut du Donon (horizon Münster) = azim. (horiz. station) — 58′ 24″,79

C'est en appliquant ces dernières corrections aux longitudes, latitudes et azimuts observés du bastion de la citadelle, qu'ont été obtenus les nombres rapportés plus haut.

La mesure des bases est une opération délicate, exigeant des soins minutieux. Nous allons faire connaître sommairement la manière dont a procédé M. Villarceau, en donnant les indications nécessaires pour retrouver les extrémités de la base en question, si l'on jugeait à propos d'en reprendre la mesure.

Dans les travaux topographiques se rattachant à la géodésie, on ne saurait employer la chaîne d'arpenteur; on se sert aujourd'hui avec avantage des règles dites règles du *commandant Clerc*. Ce sont des règles en bois de sapin de 4 mètres de longueur, portées sur des pieds le long desquels elles peuvent monter ou descendre de manière à garder toujours la position horizontale. Des languettes divisées en millimètres servent à estimer les intervalles des extrémités entre lesquelles on laisse, à dessein, une certaine distance.

La base désignée par PQ (fig. 1), préalablement jalonnée, a été mesurée, une première fois, le 10 juin 1863, par M. Villarceau, assisté de notre collègue, M. Bertin. Les deux opérateurs ont fait indépendamment la lecture des languettes, et ont eu soin de vérifier la position du fil à plomb toutes les fois que l'emploi en a été nécessaire. Leurs lectures, à très-peu près concordantes, ont donné, pour la longueur cherchée, $984^m,118$.

Une seconde mesure a été faite avec l'assistance de M. Girard, sous-officier au 26ᵉ de ligne; elle a donné $984^m,062$.

La moyenne des deux résultats est $984^m,09$, nombre adopté pour la longueur de la base.

Quant aux extrémités de la base, on les retrouvera sans peine avec les indications qui suivent.

Deux bornes en pierre ont été plantées à ces extrémités. Le plan de la tête des

bornes est un carré de 20 centimètres de côté, et deux traits profonds indiquent, par leur croisement, les deux extrémités de la base (fig. 2).

La borne *occidentale* correspondant au signal Q (fig. 1) a été plantée sur le trottoir de gauche de la route d'Austerlitz conduisant de Strasbourg à Kehl, à une faible distance du pont qui sert à franchir les fortifications. Sur l'arête supérieure du talus de ce trottoir on trouve la borne hectométrique marquée $46^k.9$.

Si, partant du centre de cette borne, on mesure, le long de ladite arête et en marchant vers Strasbourg, une distance de $5^m,40$, et qu'ensuite on élève, à l'extrémité de la distance parcourue, une perpendiculaire à cette distance de $0^m,90$ dirigée vers l'autre arête du trottoir, on n'aura plus qu'à enlever une épaisseur de 7 à 8 centimètres de matériaux du trottoir pour trouver la tête de la borne qui est enfoncée à cette profondeur. Le centre de la borne est d'ailleurs à $2^m,03$ de la bordure en pierre du trottoir, et à $3^m,03$ du grand peuplier que nous connaissons tous (fig. 3).

M. Villarceau fait observer que, par suite d'inadvertance, les faces de la borne Q, au lieu d'être dirigées parallèlement et perpendiculairement à la base, font avec celles-ci un angle de 25° environ, vers le nord. Cette observation est importante, car si l'on avait besoin de retrouver la borne, et que l'on constatât une pareille déviation, on pourrait craindre qu'elle n'eût été dérangée.

La borne orientale répond au signal P (fig. 1). On la retrouvera comme il suit: vers le sud du cavalier S. O. de la citadelle, le cours d'eau appelé canal de jonction de l'Ill au Rhin fait un coude, dont le sommet est dans la direction du sud-ouest. Extérieurement à la rivière existe un ouvrage en terre, dont les faces sont sensiblement parallèles aux directions de la rivière avant et après le changement de direction qui forme le coude. Cet ouvrage présente en conséquence une saillie dirigée vers le sud-ouest. Les arêtes supérieures du glacis se coupent au point A (fig. 4), qui va nous servir à indiquer la position de la borne orientale.

Si de ce point A, en remontant vers le nord, on mesure le long de l'arête du glacis une longueur de $6^m,65$ environ, on trouvera sur la perpendiculaire à l'extrémité de cette ligne et à une distance de $2^m,25$ mesurée vers l'extérieur de l'ouvrage, la borne correspondante au signal P. Cette borne est dressée verticalement sur une hauteur de 25 centimètres, dont elle est en saillie sur le terrain.

Nous ajouterons un dernier renseignement: En allant de Strasbourg à Kehl, on trouve sur la gauche de la route, à $13^m,20$ en deçà de la borne $47^k.9$, un érable

qui n'est pas destiné à disparaître de si tôt; en se plaçant au pied de cet arbre, et regardant vers le bastion S. O. de la citadelle, on aperçoit un grand pilier, où M. Villarceau avait établi sa mire méridienne; que, de l'arbre, on se dirige, à travers champs, vers le pilier, on rencontre, à une distance de 174^{m} environ, la borne *P*. Les traits profonds qui y sont creusés permettront de la distinguer facilement des pierres voisines. Ces traits sont d'ailleurs, ici, orientés parallèlement et perpendiculairement à la base.

Strasbourg, imprimerie de Vᵉ Berger-Levrault.

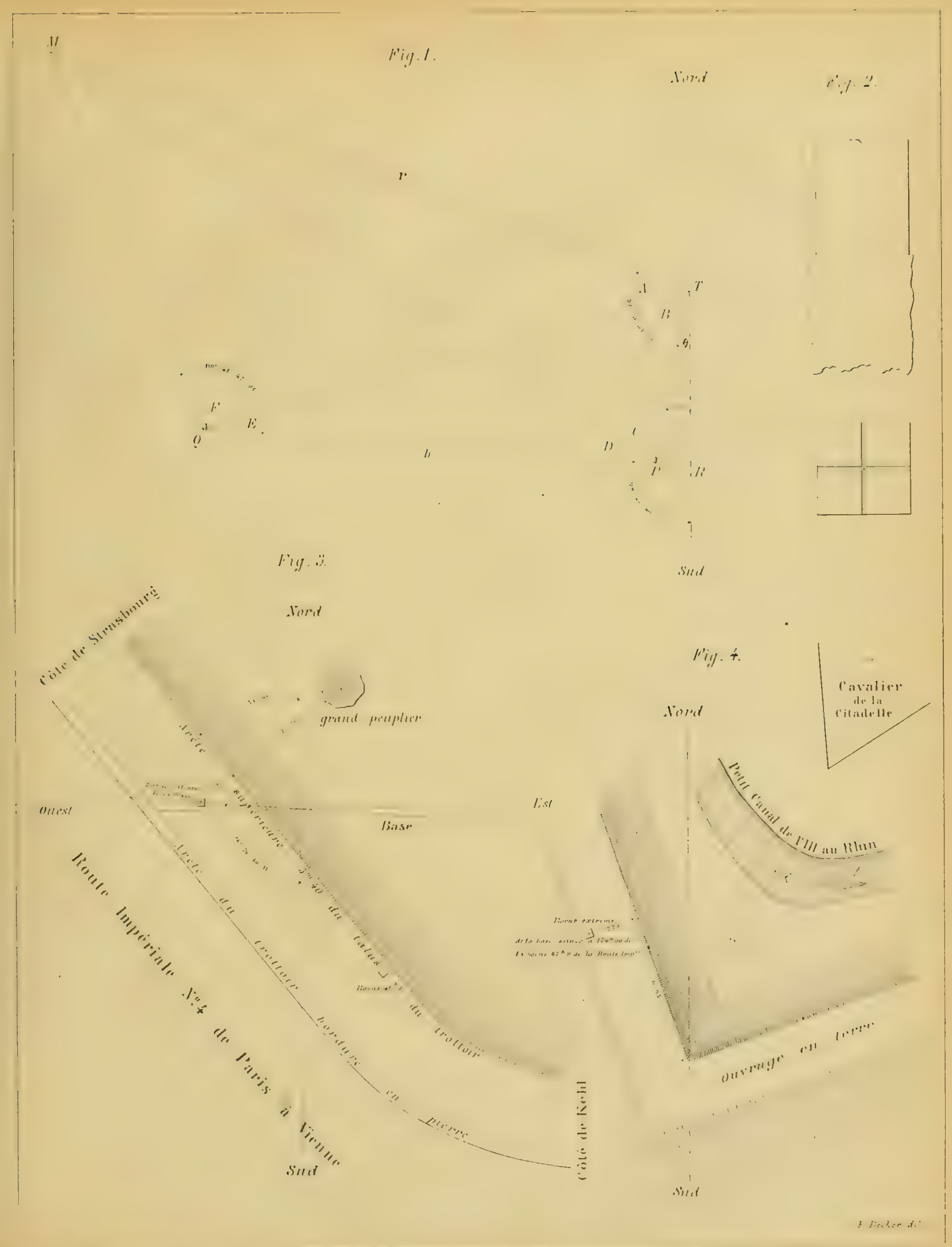


Fig. 1.
Nord
Sud
Fig. 2.
Fig. 3.
Nord
Côte de Strasbourg
grand peuplier
Oulest
Base
Arête supérieure du talus du trottoir
Arête du trottoir bordure en pierre
Route Impériale No. 4 de Paris à Vienne
Sud
Côté de Kehl
Est
Fig. 4.
Nord
Cavalier de la Citadelle
Petit Canal de l'Ill au Rhin
Ouvrage en terre
Sud

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

DES TRAVAUX PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ

PENDANT LES ANNÉES 1862, 1863, 1864 ET 1865,

PAR

M. ENGEL, secrétaire.

INTRODUCTION.

Appelé à rédiger le résumé des travaux de notre Société après notre regretté confrère Lereboullet, j'ai cru devoir conserver le plan général adopté par ce savant; toutefois, j'ai admis une légère modification dans les détails. Au lieu de présenter nos travaux dans un ordre plus ou moins chronologique, j'ai préféré relater à la suite les uns des autres tous les travaux exécutés par chaque membre dans la période qui vient de s'écouler. Cette manière de procéder me paraît avoir l'avantage de faire connaître d'un seul coup d'œil la tendance scientifique de chaque membre et de montrer, en même temps, la part spéciale qui revient à chacun dans le travail d'ensemble de la Société.

ASTRONOMIE.

BACH. Éclipse de soleil du 17 mai 1863.

M. le professeur Bach, dans la séance du 17 mars 1863, a communiqué ses calculs relatifs à l'éclipse de soleil du 17 mai 1863.

Voici les nombres donnés par l'auteur:

Commencement	$6^h\ 17^m,7$ du soir,
Plus grande phase	$7^h\ 2^m,6$ —
Coucher du soleil	$7^h\ 30^m$ —

Le soleil se couchera avant que l'éclipse soit complétement terminée.

Grandeur de l'éclipse . . . . 0,29 du diamètre du soleil.

La première impression du disque solaire a lieu à 89° à l'ouest de l'extrémité supérieure du diamètre vertical.

Bach. Éclipse de soleil du 19 octobre 1865.

Le même membre a communiqué à la Société, dans la séance du 1er août 1865, une note relative à l'éclipse de soleil du 19 octobre. L'éclipse commencera, à Strasbourg, à 4 heures 49 minutes 52 secondes du soir; la lune entamera le disque solaire en un point situé à 155° à l'ouest du diamètre vertical de ce disque. Le soleil se couchant le 19 octobre à 5 heures 2 minutes, l'éclipse ne pourra être observée que pendant 12 minutes environ et la partie du diamètre éclipsée au coucher sera de $^1/_8$. A Paris, l'éclipse pourra être observée pendant 30 minutes environ. Peu intéressante dans nos pays, cette éclipse sera curieuse à observer dans certaines régions où elle sera annulaire. Les lieux qui verront l'éclipse annulaire sont situés sur une ligne partant du Pacifique à l'embouchure de la rivière Columbia, traversant l'Amérique septentrionale de l'ouest à l'est en s'inclinant un peu vers le sud et sortant près de Savannah. A partir de là, la ligne de centralité entre dans l'Atlantique, passe au nord des Antilles et aux îles du Cap-Vert, arrive à Saint-Louis du Sénégal et va se terminer près de Tombouctou. M. Bach a mis sous les yeux de la Société un planisphère, sur lequel il a tracé la courbe de l'éclipse annulaire et les courbes limites entre lesquelles l'éclipse sera visible en tout ou en partie.

Signale une erreur astronomique sur les apparitions de Mars.

Dans la séance du 6 décembre 1864, M. Bach fait remarquer à la Société que presque toutes les feuilles périodiques ont répété, dans ces derniers temps, que la planète de Mars ne devenait visible que tous les quinze ans.

Or, quiconque est tant soit peu observateur sait fort bien que, sauf le temps fort court où la planète en conjonction est perdue dans les rayons du soleil, elle est toujours visible. D'où vient donc l'erreur des journaux? La révolution synodique ou le temps qui s'écoule entre deux oppositions est de 779 jours; c'est à l'époque de l'opposition que Mars est le plus rapproché de la terre et qu'il brille du plus vif éclat, et qu'on le remarque davantage, d'autant plus qu'il se lève alors à peu près quand le soleil se couche. Il y a eu une opposition vers la fin de novembre 1864, et l'on pouvait alors voir la planète entre les constellations du Taureau et des Gémeaux. Dans 779 jours l'opposition reviendra, mais la planète sera alors visible dans le Cancer, en un mot, l'astre dans son plus grand éclat n'est pas toujours visible dans la même constellation. Un calcul fort simple montre qu'au bout de quinze révolutions synodiques, Mars reprend la même position. Ainsi en trente-deux

ans, c'est-à-dire en 1896, on le verra en opposition dans le signe où il était en 1864, ou bien, en langage scientifique: *Après quinze révolutions synodiques la planète revient à la même longitude.* On aura donc confondu la révolution synodique avec une année solaire, et comme la planète ne revient que toutes les quinze révolutions en même longitude, on l'a fait disparaître pendant tout l'intervalle.

PHYSIQUE.

Les travaux sur la physique communiqués à la Société sont en majeure partie dus à M. le professeur Bertin.

BERTIN. Expériences sur les propriétés optiques et sur la cristallisation de la glace.

Dans les séances du 3 mars 1863 et du 3 mai 1864, M. Bertin communique aux membres de la Société les résultats de ses recherches sur la glace. Dans la séance du 9 juillet 1862, le même membre lit une note sur quelques propriétés singulières des courants interrompus. Ces deux opuscules sont insérés dans le présent volume des Mémoires.

Nouvelles propriétés des courants interrompus.

Nouvel appareil à commotions.

M. Bertin montre à la Société, dans la séance du 12 mars 1862, un nouvel appareil à commotions qu'il a fait construire pour les besoins de son enseignement, et dans lequel il a cherché à réunir les différents systèmes employés pour graduer les commotions. Cet instrument se compose essentiellement d'un marteau électro-magnétique destiné à interrompre le courant, et d'une bobine à deux fils avec divers noyaux.

Disjoncteur automatique des courants induits.

Le même observateur présente à la Société, dans sa séance du 3 juin 1862, deux nouveaux appareils de physique de son invention. Le premier est un disjoncteur automatique des courants induits[1], l'autre un nouveau Rhéoscope pour les mêmes courants.

Nouveau Rhéoscope pour les courants induits.

Expériences diverses.

Outre ces diverses communications, M. Bertin a fait devant la Société un grand nombre d'expériences destinées surtout à faire connaître les effets de divers appareils introduits récemment dans la science.

Expériences d'abord sur les divers appareils de télégraphie électrique et surtout sur celui de Caselli, plus tard expériences sur les courants interrompus, auxquelles ont succédé tour à tour des expériences avec les tubes de Geissler, d'autres avec la grande bobine de Ruhmkorff, etc. Tel est en résumé l'intitulé des séances que M. Bertin a consacrées à initier les membres de la Société aux découvertes nouvelles de la physique.

---

1. *L'Institut*, 1862, n° 1488, p. 226. *Revue des sociétés savantes*, I, 350.

ENGELHARDT. Formation de la glace au fond des rivières.

Dans la séance du 10 mars 1864, M. Engelhardt a communiqué à la Société un mémoire sur la formation de la glace au fond des rivières. Ce travail est inséré dans le présent volume des Mémoires de la Société.

HUGUENY. Effets d'un coup de foudre.

M. Hugueny lit à la Société, dans la séance du 3 juin 1862, une note sur un coup de foudre. Le peuplier sur lequel la foudre est tombée a été brisé en deux parties : la supérieure de 14 mètres de hauteur, dont l'écorce n'est pas enlevée et dont le bois n'a point souffert, a été séparée violemment par le coup de foudre du reste du tronc et est tombée à côté de lui. La partie inférieure, haute de 6 mètres, a été complétement dénudée et divisée dans toute sa hauteur en cinq ou six secteurs cylindriques, qui sont eux-mêmes divisés en certains points en lanières plus ou moins étendues disposées parallèlement à l'axe.[1]

M. Bertin a montré à la Société des branches de cet arbre encore recouvertes de feuilles, et M. Kœberlé en a fait la photographie.

Horomètre nouveau.

Le même membre montre à la Société, dans la séance du 2 février 1864, une clepsydre nouvelle à laquelle on a donné le nom de horomètre ou horloge à mercure, rappelle qu'Amontons avait construit un appareil analogue et donne l'explication de cet instrument.

CHIMIE.

ROSENSTIEHL. Glucoside chloré de la benzine.

Dans la séance du 4 février 1862, M. Liès-Bodard fait connaître un travail important de M. Rosenstiehl, préparateur des cours de chimie à la Faculté des sciences de Strasbourg. Ce chimiste a obtenu, en partant de la benzine, un glucoside chloré. Si l'on parvenait à enlever à ce nouveau corps tout le chlore qu'il contient, on le transformerait en sucre. M. Liès ajoute qu'il est possible qu'on puisse arriver à ce résultat, puisque lui-même a obtenu, comme dérivé du sucre, le *cumène*, produit qui est un homologue de la benzine.

LIÈS-BODARD. Analyse du jus de tabacs d'Alsace.

M. Liès-Bodard communique, dans la séance du 7 juillet 1863, les résultats d'une analyse de jus de tabacs d'Alsace.

Trois cents litres de jus évaporés d'abord, puis le résidu carbonisé ont donné :

Partie soluble dans l'eau :

Chaux (dosée à l'état de sulfate)	100,000
Magnésie.	1,152
Potasse (à l'état de chlorure)	389,800
Soude — —	25,200
Lithine — —	14,500
Total.	530,652

1. *Revue des sociétés savantes*, tome I[er], p. 348.

La partie insoluble dans l'eau contenait :

Silice	91.25
Carbonate de chaux	156.80
Magnésie (dosée à l'état de chlorure)	22.30
Fer et traces d'aluminium	155.25

On remarquera dans cette analyse : 1° que la lithine, dont la présence dans les jus de tabacs avait été signalée par l'appareil spectral, a été dosée pour la première fois; 2° que M. Liès a trouvé du chlorure de sodium, tandis qu'on n'en a constaté jusqu'ici la présence que dans les tabacs de Turquie. Enfin, le chlorure de potassium a été isolé au moyen d'une nouvelle méthode, mais qu'il serait trop long d'exposer dans ce résumé.

Dans la même séance, M. Liès annonce qu'il a vu se produire des cristaux d'arragonite dans une dissolution de glycosate de chaux. LIÈS-BODARD. Cristaux d'arragonite dans le glycosate de chaux.

M. Jacquemin communique à la Société, dans sa séance du 4 avril 1865, une note sur l'effet de certains anesthésiques. Ces anesthésiques sont l'hydrure de caproyle et l'hydrure d'œnanthyle obtenus au moyen de l'essence de pétrole. L'hydrure d'œnanthyle produit sur le système nerveux une action très-vive qui peut aller jusqu'à la manifestation de phénomènes tétaniques. L'auteur formule à la suite de son travail les propositions suivantes : 1° Les composés appartenant aux séries chimiques qui ont pour type l'hydrogène protocarboné et l'hydrogène bicarboné peuvent posséder des propriétés anesthésiques susceptibles d'applications à l'art de guérir. 2° Toutefois les composés qui ont pour type l'hydrogène protocarboné paraissent doués de propriétés relativement moins dangereuses. JACQUEMIN. Expériences sur les anesthésiques.

Dans la même séance, M. Jacquemin lit une note de M. Rœhrig, préparateur en chef de l'école de pharmacie de Strasbourg, sur l'action des alcalis en présence de matières azotées, et une autre note de M. Schmidt, préparateur à la même école, sur les modifications qu'éprouve l'eau chlorée. RŒHRIG. Action des alcalis sur les matières azotées. SCHMIDT. Eau chlorée.

M. Oberlin communique (séance du 3 février 1863) à la Société les résultats de ses recherches sur le pavot indigène. Il s'est assuré qu'on peut obtenir directement la morphine, sans récolter préalablement l'opium, et il a obtenu sur certains pavots 17 ¼ p. 100 de rendement en morphine et sur d'autres 14 p. 100. OBERLIN. Morphine indigène.

Le même membre (séance du 6 mai 1862) annonce qu'il a analysé une graine de strychnée dont les Indiens se servent pour purifier l'eau. Cette graine ne contient pas de strychnine. Analyse d'une graine de strychnée.

M. Oppermann a eu occasion de faire une analyse d'ossements provenant d'un ancien tombeau romain. Il a pu constater que ces ossements renfermaient encore OPPERMANN. Analyse d'anciens ossements.

beaucoup de matières organiques, et il a pu en extraire une notable proportion de gélatine. (Séance du 5 août 1862.)

NICKLÈS. Nature de la terre du Rieth.

M. le professeur Nicklès, de Nancy, membre correspondant de la Société, envoie une note manuscrite (2 février 1864) sur la composition de la terre végétale du Rieth des environs de Benfeld.

ANATOMIE.

MOREL. Trou de Botal.

Dans la période qui vient de s'écouler (1862 à 1865) aucun travail d'anatomie normale n'a été présenté à la Société. Cependant, à la suite d'une analyse faite par M. Kœberlé de l'ouvrage de M. Bruch (6 mai 1862) sur la fermeture du trou de Botal, M. Morel démontre l'insuffisance des explications proposées par l'auteur allemand.

EHRMANN. Bézoards et Egagrophiles.

Les communications sur l'anatomie pathologique sont plus importantes, quoique peu nombreuses aussi.

M. Ehrmann, doyen de la Faculté de médecine, communique à la Société (séance du 12 mars 1862) quelques détails sur les concrétions formées dans le corps de l'homme et des animaux. Ces produits se rencontrent surtout dans les liquides sécrétés, et leur composition chimique s'accorde toujours avec les éléments constitutifs du liquide dans lequel ils ont pris naissance. Le canal intestinal devient souvent le siége de certaines de ces concrétions auxquelles on avait donné le nom de *Bézoards*. Chez les chevaux, ces corps, appelés quelquefois *Hippolithes,* acquièrent souvent des dimensions considérables: le plus considérable de ceux que M. Ehrmann met sous les yeux de la Société pèse six kilogrammes, et est de la grosseur d'une tête d'adulte: il est composé de couches concentriques plus ou moins épaisses et l'analyse chimique y a démontré du phosphate de chaux et du phosphate ammoniaco-magnésien en quantité variable.

Comme exemple des graves accidents que peut occasionner chez l'homme la présence des concrétions accidentelles parvenues dans le tube digestif, M. Ehrmann cite le cas d'un gros calcul biliaire qui, après avoir distendu démesurément le canal cholédoque, a fini par tomber dans l'intestin dont il a complétement oblitéré la lumière. Des accidents en tout semblables à ceux d'un étranglement interne ont déterminé la mort du malade.

Dans la séance du 1er avril 1862, le même observateur ajoute quelques détails à la précédente communication. Les deux plus gros calculs montrés dans la séance précédente étaient logés dans le cœcum d'un cheval et avaient déterminé la perfo-

ration de cet organe. Chez un autre cheval les calculs occupaient le rectum et leur présence amena une constipation mortelle.

M. Kœberlé met sous les yeux de la Société (séance du 6 mai 1862) un pied momifié de Chinoise offrant à un haut degré la déformation qui résulte de la compression habituelle de ce membre en Chine. KŒBERLÉ. Pied de Chinoise momifié.

ZOOLOGIE.

Plusieurs des communications relatives à la zoologie sont dues à notre savant et regretté collègue Lereboullet.

Dans la séance du 5 janvier 1864, M. Lereboullet annonce qu'il a observé chez une écrevisse commune (*Astacus fluviatilis*) une monstruosité curieuse de la pince gauche. Cette pince, beaucoup plus grosse que la droite, a son doigt immobile bifurqué dans son quart antérieur. Les deux pointes qui résultent de cette bifurcation sont à peu près d'égale grandeur. Le doigt mobile est recourbé en dehors. M. Lereboullet croit que cette monstruosité est le résultat de la soudure de deux pinces primitives, soudure qui se serait faite de très-bonne heure. LEREBOULLET. Monstruosité observée sur une écrevisse.

Dans la même séance, le même observateur annonce qu'il a trouvé parmi de jeunes truites, récemment écloses dans son cabinet, trois monstres doubles réunis seulement par un vitellus commun échancré en avant. Les corps sont parfaitement séparés et l'échancrure antérieure indique suffisamment que cette monstruosité provient de la soudure de deux embryons primitivement distincts et dérive conséquemment d'un œuf double. Monstruosité de la truite.

Dans la séance du 5 juillet 1864, M. Lereboullet entretient la Société de recherches qu'il a eu occasion de faire sur une maladie du colza qui a régné en Alsace. Il a reconnu que la destruction de cette plante est due à une larve apode qui ronge les tiges et détermine l'atrophie de la plante.

Cette larve paraît se rapporter à un curculionide du genre Baridius. Dans la séance du 6 décembre 1865, le même observateur confirme les prévisions qu'il a émises dans la séance précédente et lit un mémoire sur les transformations des Baridies. Ce travail est inséré dans le présent volume des Mémoires.

M. Schimper (séance du 4 août 1863) communique un fait curieux relatif à l'histoire des Lepidosiren, animaux d'Afrique, que l'incertitude de leurs caractères a fait ranger successivement parmi les reptiles et les poissons. Ces animaux vivent dans des marais : quand ceux-ci se dessèchent, l'animal s'entoure d'une enveloppe de vase qui se dessèche. Quand la pluie survient, la coque se ramollit et l'animal SCHIMPER. Sur le Lepidosiren.

reprend ses mouvements. M. Krauss, directeur du musée de Stuttgard, a pu se procurer à Londres une de ces coques. Rentré à Stuttgard, il a placé soigneusement cette coque dans l'eau et au bout de peu de temps il a eu la satisfaction de voir un Lepidosiren vivant sortir de la vase délayée.

HEYDENREICH. Sur le *Plusia gamma.*

Dans la séance du 2 août 1864, M. Heydenreich lit une note sur la destruction du chanvre par une chenille de la famille des Noctuelles. Cette chenille est celle du *Plusia gamma* dont M. Heydenreich décrit les métamorphoses.

KŒBERLÉ. Trichines sur un cadavre.

Dans la séance du 7 janvier 1862, M. Kœberlé annonce qu'il a trouvé sur le cadavre d'une personne morte à l'hôpital, un nombre considérable de trichines, et qu'il a commencé une série d'expériences pour étudier le développement de ces helminthes.

MOREL. Animalcules microscopiques dans l'eau des puits.

M. Morel fait connaître à la Société (séance du 6 mai 1862) le résultat de ses recherches sur les divers animaux microscopiques trouvés vivants dans l'eau de différents puits de Strasbourg.

ENGEL. Développement du *Distoma endolobum.*

Le docteur Engel annonce à la Société (4 juillet 1865) qu'il a rencontré habituellement dans la crevette des rivières (*Gammarus pulex*) des kystes renfermant une cercaire vivante. Les parois des kystes contenaient le plus souvent un aiguillon; les caractères de cet aiguillon et ceux de l'animal enkysté lui-même appartenaient à l'espèce du *Cercaria ornata.* On avait déjà soupçonné que cette cercaire était la larve du *Distoma endolobum* de la grenouille. Les expériences nombreuses du docteur Engel ont confirmé cette prévision et il a pu s'assurer que le développement complet du *Distoma endolobum* dans l'intestin de la grenouille se faisait dans l'espace de treize à quatorze jours à partir du moment de l'ingurgitation des crevettes infectées.

BOTANIQUE.

KIRSCHLEGER. Observations de tératologie végétale.

M. Kirschleger, à qui nous devons la plupart des communications botaniques, a fait part à la Société d'un grand nombre d'observations tératologiques.

Ainsi, dans la séance du 5 mai 1863, il montre à la Société une paquerette cultivée anomale; l'anomalie consiste en ce que plusieurs feuilles involucrales portent, à leur aisselle, des rameaux calathiphores, c'est-à-dire de petites fleurs composées, semblables à la fleur centrale.

Antholyses.

Dans la séance du 5 janvier 1864, M. Kirschleger lit une note sur quelques antholyses observées en 1863. Le premier fait est relatif à un *Echium vulgare,* dont les pétales, les étamines et les carpelles ont l'apparence de sépales. Sur l'*Anagallis phœnicea,* M. Paira et Kirschleger ont observé la virescence simple, mais accom-

pagnée quelquefois d'*apostase* ou séparation des verticilles floraux, d'*ecblastésie* ou naissance de rameaux à l'aisselle des sépales et des pétales virescents, enfin de *diaphyse* ou continuation de l'axe floral au delà des feuilles carpellaires.

Le 7 mars 1865, le même observateur présente une note sur une monstruosité d'un *Crocus vernus*. Une des branches qui sortaient du bulbe présentait entre quatre feuilles vertes et à la base de celles-ci, trois stigmates safranés sans périanthe. Ce rameau détaché de la souche présenta trois ou quatre feuilles squames engaînantes enveloppant les feuilles vertes habituelles. Après les feuilles vertes venait un verticille de trois feuilles membraneuses petites et blanches, puis un second verticille de même nature, puis trois étamines libres à pollen nul et à anthères cohérentes, enfin trois feuilles linéaires, filiformes, blanches à la base, safranées au sommet. Ces feuilles paraissaient sortir du sommet d'un ovaire rudimentaire. Ainsi un rameau du bulbe trop faible pour donner naissance à une fleur vraie, n'a pas attendu l'année suivante pour se développer; il a produit une fleur incomplète avec toutes ses parties à l'état rudimentaire.

Monstruosité sur un crocus.

M. Kirschleger a encore présenté dans diverses séances des observations sur des monstruosités végétales: sur une inflorescence estivale du *Cytisus Laburnum;* sur des cas de fasciation chez le *Beta Cicla*, chez l'*Igname;* sur un *Antirrhinum* cultivé à pétales libres, etc.

Le même observateur rend compte, dans la séance du 5 janvier 1864, de ses remarques sur l'évolution de quelques *Gentianes* rhénanes. Dans le *G. cruciata*, les tiges florifères ascendantes sont des rameaux axillaires aux feuilles flétries de l'année précédente, sur un axe indéfini dont les feuilles les plus jeunes sont disposées en rosette étalée.

Évolution de quelques *Gentianes* rhénanes.

Le *Gentiana pneumonanthe* présente la même évolution, seulement les feuilles terminales de l'axe central indéfini sont écailleuses, rudimentaires et le rhizome très-court. Le *Gentiana ciliata*, que la plupart des auteurs signalent comme annuel, possède un rhizome avec des bourgeons hibernants souterrains qui se développent en tiges fleuries, l'automne suivant.

Dans la séance du 9 juillet 1862, M. Kirschleger parle d'une excursion qu'il a faite au Hohneck et des plantes qu'il y a trouvées. Il cite surtout le *Veronica alpina*, nouveauté pour les Vosges, et rencontré pour la première fois en 1859, par MM. Gauvain et Perrin.

Végétation du Hohneck.

M. le professeur Fée appelle l'attention de la Société (séance du 4 juillet 1865) sur une excrétion de carbonate de chaux sur la lame supérieure de la fronde d'un grand nombre de fougères. Les ptéridologues ont vu en elle de véritables écailles.

FÉE. Écailles calcaires des Fougères.

Cette excrétion se trouve chez quelques *Aspidium* (*albo-punctatum, leucostictum*, etc.). M. Fée l'a retrouvée d'une manière générale dans le genre *Chrysopteris*, chez beaucoup de *Campylonevron* et chez d'autres polypodiacées. On ne trouve cette excrétion qu'à l'extrémité des nervilles, au point fructifère. Le sommet des nervilles est renflé, globuleux, transparent et d'apparence glanduleuse. L'étendue de la couche calcaire est limitée à celle du sommet de la nerville: elle est parfaitement orbiculaire et se détache facilement de l'épiderme qui n'est point altéré.

LEREBOULLET. Monstruosité observée sur un Fuchsia.

M. Lereboullet a observé (séance du 4 juillet 1862) un Fuchsia offrant une anomalie remarquable. L'inflorescence était terminale. La fleur offrait en dehors de la corolle une étamine isolée, et plusieurs des lames pétaloïdes étaient étranglées à leur sommet et offraient la même disposition qu'on observe sur les pétales des roses qui tendent à devenir pleines. M. Lereboullet regarde ce cas comme le résultat de l'avortement de la portion axillaire et de la soudure des deux fleurs latérales, qui se sont rapprochées et confondues.

KŒBERLÉ. Racines en queue de renard.

M. Kœberlé a observé (même séance) des racines de vigne obstruant une conduite d'eau. Ces racines étaient développées sur une longueur de 15 mètres environ; elles étaient longues, grêles, en grande partie capillaires (queue de renard). Ces racines avaient bouché presque complétement la conduite et avaient communiqué une saveur très-désagréable à l'eau.

OPPERMANN. Bloc de granit recouvert par l'écorce d'un sapin.

M. Oppermann (séance du 2 décembre 1862) met sous les yeux de la Société un dessin représentant un bloc de granit, tombé contre le tronc d'un sapin et qui en avait entamé l'écorce. La végétation a continué, et l'écorce a peu à peu et complétement recouvert le bloc.

GÉOLOGIE, MINÉRALOGIE, PALÉONTOLOGIE.

SCHIMPER. Fossile formant passage des Reptiles aux Oiseaux.

M. Schimper met sous les yeux de la Société, dans la séance du 6 janvier 1863, la figure d'un fossile très-rare et très-curieux qui semble former une transition entre les animaux de la classe des reptiles et ceux de la classe des oiseaux. Le corps de l'animal a dû être recouvert de plumes, puisqu'on voit les empreintes de ces dernières sur les côtés du corps. L'original a été trouvé dans le calcaire lithographique de Solenhofen.

Cône de Lepidodendron silicifié et fossiles humains du Périgord.

Le même savant (séance du 19 avril 1864) fait à la Société deux communications relatives, l'une à un cône de Lepidodendron silicifié, l'autre concernant une collection de pièces fossiles provenant des cavernes du Périgord, et parmi lesquelles se trouvent des ossements humains mêlés à des débris de divers animaux.

M. Engelhardt, directeur des forges de Niederbronn, a pu étudier en détail les terrains de cette contrée dans les tranchées creusées pour la construction du chemin de fer vicinal. Il communique à la Société, dans les séances du 7 février et du 2 mai 1865, les premiers résultats de cette étude. ENGELHARDT. Ancienne configuration des pays rhénans et terrains près de Niederbronn.

On peut considérer la vallée du Rhin comme une grande faille, la clef d'une voûte qui s'est affaissée entre les deux contre-forts de la chaîne des Vosges et de la Forêt-Noire. Les terrains triasiques et jurassiques sont eux-mêmes brisés et disloqués et s'inclinent vers la vallée du Rhin. Cette dislocation doit avoir eu lieu vers la dernière époque tertiaire.

Le profil des terrains mis à nu par le chemin de fer de Niederbronn fait voir clairement ces inclinaisons.

Le Muschelkalk, d'abord, s'appuie contre la chaîne du grès vosgien et s'incline de 45° à 60° vers l'axe de la vallée, puis il subit plusieurs failles et se trouve ployé dans tous les sens. A Niederbronn il se ploie à l'entour d'un îlot de grès bigarré: cet îlot lui-même est coupé en deux par une faille dans laquelle le Muschelkalk s'est effondré. C'est d'un banc de sel gemme, qu'on trouve ordinairement au bas du Muschelkalk, et qui a été entraîné dans la faille, que s'élève la source d'eau minérale de Niederbronn: aux abords de la faille on a trouvé de l'anhydrite.

Dans la seconde séance précitée, M. Engelhardt rend attentif aux différences qui existent entre le grès vosgien et le grès bigarré. Le premier est à plus gros grains et plus cristallin que le second, il renferme des cailloux roulés qui semblent provenir du système dévonien et contient beaucoup de nodules d'argile rouge. La couche colorante qui recouvre les grains quarzeux de grès et qui leur sert de lien est moins forte dans le grès vosgien que dans le grès bigarré: dans le premier elle n'est que de 0,270, tandis que pour le grès bigarré elle est de 0,768.

Dans le grès vosgien on n'a trouvé qu'un seul fossile (un Spirifère), encore ce fossile appartient-il à un caillou dévonien trouvé au Jægerthal. Les fentes qui divisent ce grès sont rectangulaires et le séparent en grands blocs parallélipipèdes.

Le grès bigarré est en stratification horizontale, plus feuilletée, surtout dans les couches supérieures, il est plus argileux, contient peu de cailloux et beaucoup de mica.

Dans la même séance M. Engelhardt met sous les yeux de la Société de magnifiques cristaux de laitier provenant du haut fourneau de Niederbronn. Cristaux de laitier.

M. Ehrmann présente à la Société (séance du 3 juin 1862) un beau fragment de roche syénitique rose, provenant du temple de Jupiter, à Balbeck, et rapporté par son fils, M. le docteur Ehrmann, qui a fait partie de l'expédition de Syrie. Ce fragment est actuellement au Musée de Strasbourg. EHRMANN. Syénite rose.

VARIA.

HUGUENY. Eaux potables.

Parmi les travaux qui ne se laissent pas ranger facilement sous les rubriques précédentes, il faut citer en première ligne l'ouvrage de M. Hugueny[1] sur les eaux potables. La lecture de ce travail a occupé sept séances et a été commencée le 3 juin 1862. Il est trop volumineux pour être analysé dans ce compte rendu, je me borne donc à en transcrire les conclusions.

1° La première et la plus importante des conditions qu'une eau potable doit remplir est de ne renfermer aucune matière organique, végétale ou animale, altérée ou non.

2° Relativement à la chaux il faut distinguer deux périodes: 1° celle d'accroissement; 2° celle où le développement est terminé.

Pour la première, j'admets que le minimum de chaux qui, de dix à douze ans, doit pénétrer, chaque jour, dans le corps humain avec l'eau et les aliments est de huit décigrammes. Si les aliments ingérés ne le fournissent pas, l'eau devra donner le complément.

Pour la seconde les eaux les plus pures devront être préférées.

3° Il est inutile de rechercher dans les eaux la magnésie, la potasse, la soude, les oxydes de fer et de manganèse, ainsi que les acides phosphorique et chlorhydrique.

4° En attendant qu'on ait une méthode certaine pour la détermination des matières organiques et de leur degré d'altération, l'analyse devra rechercher dans les eaux l'ammoniaque et l'acide azotique qui fourniront des indices précieux sur les matières azotées déjà décomposées qui pourront s'y trouver.

5° Il importe qu'il n'y ait pas d'acide sulfurique dans les eaux, pendant la période d'accroissement surtout.

6° L'eau ne doit renfermer ni alumine, ni silice.

7° L'acide carbonique est utile à la digestion.

8° L'air en dissolution dans l'eau *paraît* favoriser la digestion.

9° Il n'est pas démontré que l'absence de l'iode dans les eaux soit une des causes du goître.

10° La température de l'eau ne paraît avoir aucune influence sur l'économie.

On s'est habitué dans presque tous les pays à des eaux qui, prises comme boisson,

---

1. *Recherches sur la composition chimique et les propriétés qu'on doit exiger des eaux potables.* Paris, Victor Masson, 1865.

ont une température qui ne s'écarte pas beaucoup de la température moyenne du pays.

On a attribué à l'élévation de la température des eaux bues pendant l'été, des maladies dont il faut rechercher la cause dans l'altération des matières organiques qui y sont contenues.

11° Pour que cette altération ait moins de chances de se produire, il importe, si l'eau doit être conservée pendant plusieurs heures avant d'être employée, qu'elle garde, en été, une température qui dépasse peu 10°.

12° Il est préférable de ne prendre comme boisson que de l'eau qui vient d'être puisée.

13° Une eau qui a de l'odeur, de la saveur ou qui n'est point limpide, ne doit pas être employée comme eau potable.

14° Quand on ne peut disposer que d'eau trouble et tenant des matières organiques en suspension, on doit l'aluner légèrement, la laisser déposer, puis la faire bouillir.

15° L'eau la plus pure convient le mieux pour les divers emplois qu'on peut en faire dans l'alimentation.

16° L'eau la plus pure convient le mieux à la plupart des industries.

17° L'eau de pluie recueillie à une certaine distance des villes et introduite dans des citernes situées assez profondément dans le sol et bien entretenues, peut être une eau potable.

RAMEAUX. Pain de gluten.

Dans la séance du 3 juin 1862, M. Rameaux donne quelques renseignements sur un *pain de gluten* fabriqué spécialement pour les glucosuriques. Ce pain est agréable au goût, mais, d'après une analyse sommaire qui a été faite, il paraît contenir une assez forte proportion de fécule.

KIRSCHLEGER. Emploi de l'acide sulfurique contre l'oïdium.

M. Kirschleger (séance du 6 janvier 1863) dit qu'un agronome, ayant vu que le soufre en bâton pulvérisé restait sans effet sur l'oïdium, pensa que la fleur de soufre devait son action à l'acide sulfurique qu'elle renferme. Il eut, dès lors, l'idée d'arroser ses vignes avec une eau contenant une très-petite quantité d'acide sulfurique, et il en obtint d'excellents résultats.

KŒBERLÉ. Ovariotomie et tumeur fibreuse.

M. Kœberlé rend compte, dans les séances du 31 mars 1863 et du 5 mai de la même année, de deux opérations exécutées par lui. La première est un cas d'opération césarienne, la seconde est une extirpation de tumeur fibreuse de l'utérus avec l'utérus lui-même et les deux ovaires. Les altérations pathologiques de ce dernier cas ont été reproduites par le moulage, et la pièce est conservée au Musée anatomique de Strasbourg.

Oberlin. Bois d'Anacahuite et écorce de Panama.

Dans la séance du 31 mars 1863, M. Oberlin donne la description du bois d'Anacahuite (*Cordia Boissieri*), provenant du Mexique et employé depuis quelque temps en Allemagne et en Angleterre contre la phthisie. Quant à l'écorce de Panama, elle provient du *Quillaia saponaria*, arbre du Pérou, et est extraordinairement riche en saponine.

Bach. Planimètre d'Amsler.

Dans la séance du 1er décembre 1863, M. Bach explique le mécanisme et le maniement d'un petit appareil auquel l'inventeur, M. Amsler, professeur de mathématiques à Schaffhouse, a donné le nom de *planimètre*, parce qu'il sert à évaluer l'aire d'une figure plane terminée par un contour quelconque.

Villarceau. Base géodésique près de Strasbourg.

M. Bertin (7 juin 1864) annonce que M. Yvon Villarceau, un des plus habiles astronomes de notre époque, est venu à Strasbourg pour déterminer les coordonnées astronomiques de la flèche de la cathédrale. Le mémoire de M. Villarceau est inséré dans le présent volume.

Ehrmann. Résumé des travaux envoyés par les sociétés savantes.

N'oublions pas de citer, avant de terminer, la tâche que s'est imposée M. le doyen Ehrmann. Ce membre a présenté à chaque séance un résumé complet de tous les travaux scientifiques envoyés à la Société depuis la séance précédente. Il a entrepris ce travail pénible avec un zèle et une ardeur toute juvénile, ce dont la Société ne peut assez le remercier.

DÉCISIONS DE LA SOCIÉTÉ.

Nombre des membres de la Société porté de 30 à 50.

Dans la séance du 7 mars 1865, la Société modifie l'article 2 de ses règlements qui limitait le nombre des membres résidents à 30. Elle arrête, après discussion, que ce nombre sera porté à 50. Cette décision a été approuvée par l'autorité supérieure.

Échanges avec d'autres sociétés.

La Société a accepté l'échange de ses publications avec les sociétés suivantes:

Société géologique de Calcutta (2 août 1864);

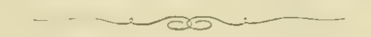
Société des sciences naturelles de Cassel (4 avril 1865).

LISTE DES MEMBRES

COMPOSANT

LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG.

(INSCRITS SUIVANT L'ORDRE DE LEUR ADMISSION.)



M. le baron Pron, préfet du Bas-Rhin, *président honoraire.*

MEMBRES RÉSIDENTS.

MM. Boeckel (Théod.), docteur en médecine; décembre 1828; membre fondateur.

Ehrmann, doyen de la faculté de médecine, directeur du musée d'anatomie; décembre 1828; membre fondateur.

Silbermann (G.), imprimeur, membre du comité d'administration du muséum d'histoire naturelle; décembre 1828, membre fondateur.

Lauth (Fréd.), docteur en médecine, membre du comité d'administration du muséum d'histoire naturelle; 2 mars 1830.

Fée, professeur à la faculté de médecine, directeur du jardin botanique; 6 novembre 1832.

Schimper (W. Ph.), professeur à la faculté des sciences, conservateur du muséum d'histoire naturelle, correspondant de l'Institut; 15 octobre 1833.

Oppermann, directeur de l'école de pharmacie; 15 octobre 1833.

Stoltz, professeur à la faculté de médecine; 4 février 1834.

Zeyssolff (G.), docteur en médecine, médecin communal; 15 avril 1834.

Kirschleger, professeur à l'école de pharmacie et agrégé à la faculté de médecine; 7 juillet 1835.

Schutzenberger (Ch.), professeur à la faculté de médecine; 1er février 1837.

Stoeber (Vict.), professeur à la faculté de médecine; 19 avril 1837.

Kuss (E.), professeur à la faculté de médecine; 5 avril 1842.

Bertin, professeur à la faculté des sciences; 6 février 1849.

Schmidt, professeur à la faculté de théologie; 9 janvier 1854.

Oberlin, docteur en médecine, professeur à l'école supérieure de pharmacie; 10 décembre 1855.

Jacquemin, professeur adjoint à l'école supérieure de pharmacie; 3 février 1857.

MM. Wieger, docteur en médecine, agrégé à la faculté de médecine; 9 juin 1857.

Morel, docteur en médecine, agrégé à la faculté de médecine; 9 juin 1857.

Koeberlé, docteur en médecine, agrégé à la faculté de médecine; 7 juillet 1857.

Liès-Bodard, professeur à la faculté des sciences; 1er décembre 1857.

Rameaux, professeur à la faculté de médecine; 5 juillet 1859.

Hugueny, professeur au lycée de Strasbourg; 5 juillet 1859.

Schlagdenhauffen, professeur adjoint à l'école supérieure de pharmacie; 5 juillet 1859.

Bach, professeur à la faculté des sciences; 9 janvier 1861.

Hepp, pharmacien en chef de l'hôpital civil; 3 mars 1863.

Robert, docteur en médecine; 31 mars 1863.

Heydenreich, pharmacien; 3 mai 1864.

Engel, professeur agrégé à la faculté de médecine; 7 juin 1864.

Hirtz, professeur à la faculté de médecine; 3 janvier 1865.

Aronssohn, professeur agrégé à la faculté de médecine; 3 janvier 1865.

Hecht, professeur agrégé à la faculté de médecine; 3 janvier 1865.

Engelhardt, directeur des forges à Niederbronn; 7 février 1865.

Aronssohn (J.), médecin aide-major; 7 février 1865.

Coze, professeur à la faculté de médecine; 7 février 1865.

Bach, professeur à la faculté de médecine; 7 février 1865.

Felz, professeur agrégé à la faculté de médecine; 7 février 1865.

De Turckheim (R.), directeur de forges; 7 mars 1865.

Duval-Jouve, inspecteur de l'académie de Strasbourg; 4 avril 1865.

MM. Keller, ingénieur des mines; 4 avril 1865.
Monoyer, professeur agrégé à la faculté de médecine; 4 juillet 1865.
MM. Klein, pharmacien, 4 juillet 1865.
Babinet, capitaine d'artillerie; 5 novembre 1865.
Castan, lieutenant d'artillerie; 5 juin 1866.

MEMBRES ASSOCIÉS.

MM. Ehrmann (Aug.), ancien négociant; 6 mars 1843.
Œsinger, propriétaire, maître de forges; 4 avril 1843.
MM. Zimmer, notaire; 10 février 1846.
Lemaistre-Chabert, adjoint au maire; 9 janvier 1861.
Œsinger (Eug.), propriétaire; 4 avril 1865.

MEMBRES CORRESPONDANTS.

MM. Alberti, directeur des salines à Rottenmünster (Wurtemberg); 30 janvier 1829.
d'Althaus, directeur des salines à Dürnheim (Bade); 30 janvier 1829.
Engelhardt, docteur ès sciences, directeur des forges de Niederbronn (Bas-Rhin); 30 janvier 1829.
Lamoureux, docteur en médecine, professeur à l'école forestière à Nancy; 30 janvier 1829.
Thirria, ingénieur des mines, à Vesoul; 30 janvier 1829.
Mérian (Pierre), professeur à l'université de Bâle; 9 mai 1829.
Bischoff, professeur à l'université de Munich; 21 octobre 1829.
Braun (Al.), professeur à l'université de Berlin; 21 octobre 1829.
Bronn, professeur à l'université de Heidelberg; 21 octobre 1829.
Jung, professeur à l'université de Bâle; 21 octobre 1829.
Studer, professeur à l'université de Berne; 21 octobre 1829.
Walchner, ancien professeur à l'école polytechnique, à Carlsruhe; 29 octobre 1829.
Buchinger, ancien inspecteur des écoles primaires, à Strasbourg; 24 novembre 1829.
Levallois, ingénieur en chef des mines; 2 février 1830.
Lorentz, administrateur des forêts, à Paris; 2 février 1830.
Monnier, propriétaire à Nancy; 2 février 1830.
Soyer-Willemet, bibliothécaire et conservateur du cabinet d'histoire naturelle de Nancy; 2 février 1830.
Kuhn, docteur en médecine, à Niederbronn (Bas-Rhin); 5 avril 1830.
Latil, ingénieur des mines à Framont (Vosges); 7 juin 1831.
Mandelslohe (Comte de), ancien inspecteur des forêts à Urach (Wurtemberg); 6 septembre 1831.
Lüroth, docteur en médecine à Bischwiller (Bas-Rhin); 1er novembre 1831.
Hogard (Henri), membre de la société d'émulation des Vosges, à Épinal; 1er novembre 1831.
Agassiz, docteur en médecine, professeur à Boston; 3 mars 1832.
Michaud, officier au 10e de ligne; 12 juin 1832.

MM. Ruppell, docteur en médecine, membre de la société du musée de Senckenberg, à Francfort-sur-Mein; 6 novembre 1832.
Hermann von Meyer, membre de la société du musée de Senckenberg, à Francfort-sur-Mein; 6 novembre 1832.
Taufflieb, docteur en médecine et docteur ès sciences, à Barr (Bas-Rhin); 5 février 1833.
Marcel de Serres, professeur à la faculté des sciences de Montpellier; 2 avril 1833.
Roussel, pharmacien au Val-de-Grâce, à Paris; 2 juillet 1833.
Fournet, professeur à la faculté des sciences de Lyon; 7 janvier 1834.
Grenier, docteur en médecine à Besançon; 7 janvier 1834.
Simon, membre de la société géologique de France à Metz; 7 janvier 1834.
Van der Hoeven, professeur à l'université de Leyde; 7 janvier 1834.
Fleurot, directeur du jardin botanique de Dijon; 20 janvier 1835.
Schimper (W.), naturaliste-voyageur en Abyssinie; 20 janvier 1835.
Ackerman, docteur en médecine, chirurgien-major de marine; 20 janvier 1835.
Martha, ingénieur des mines; 14 avril 1835.
Reverchon, ingénieur des mines, à Metz; 14 avril 1835.
A. de Quatrefages, membre de l'Institut, professeur au jardin des plantes à Paris; 2 juin 1835.
Mabru, directeur des mines de Bechelbronn (Bas-Rhin), 7 juillet 1835.
Collard de Cherres, capitaine au 52e de ligne; 7 juillet 1835.
Lestiboudois, directeur du jardin botanique de Lille; 7 juillet 1835.
Steininger, géologue à Trèves; 3 novembre 1835.
Perrin, géologue à Lunéville; 1er décembre 1835.
Coulon, propriétaire, à Neuchâtel (Suisse); 1er décembre 1835.
Lejeune, colonel du génie, à Metz; 1er décembre 1835.
Goulard, professeur au collége de Verdun; 1er décembre 1835.
De Montmolin (Comte), rentier à Neuchâtel; 1er décembre 1835.

MM. Flamand, docteur en médecine, à Montbéliard; 1er décembre 1835.
Jæger, professeur à l'université de Stuttgart; 1er décembre 1835.
Arnold, juge au tribunal de Châlon-sur-Marne; 1er décembre 1835.
A. de Brébisson, naturaliste, à Falaise (Calvados); 15 décembre 1835.
Gresly, naturaliste, à Soleure; 15 décembre 1835.
Treviranus, professeur à l'université de Bonn; 17 février 1836.
Schlechtendal, professeur à Halle; 17 février 1836.
Martius, professeur à Munich; 17 février 1836.
Jourdan, professeur à la faculté des sciences de Lyon; 20 juillet 1836.
Grateloup, docteur en médecine, à Bordeaux; 5 juillet 1837.
Nicklès, pharmacien à Benfeld (Bas-Rhin); 5 décembre 1837.
Gand, inspecteur des forêts, à Senones (Vosges); 15 décembre 1837.
Philippar, professeur d'horticulture, à Versailles; 30 janvier 1838.
Bouisson, professeur à la faculté de médecine de Montpellier; 14 août 1838.
Berthold, professeur à l'université de Gœttingue; 12 novembre 1839.
Blind, pasteur à Strasbourg; 12 novembre 1839.
Mandl, docteur en médecine, à Paris; 27 novembre 1839.
Malherbe, conseiller à la cour impériale de Metz; 7 avril 1840.
Wydler, professeur à l'université de Berne; 8 octobre 1841.
Pictet, professeur à Genève, 7 décembre 1841.
Cottard, ancien recteur de l'académie de Strasbourg, à la Ciotat; 5 avril 1842.
Joly, docteur en médecine, professeur à la faculté des sciences de Toulouse; 6 février 1844.
De Nardo, professeur à Venise; 6 février 1844.
Boyer, professeur à la faculté de médecine de Montpellier; 5 avril 1845.
Wurtz, professeur à la faculté de médecine de Paris; 2 décembre 1845.
Langlois, pharmacien en chef des Invalides; 6 janvier 1846.
Stannius, professeur à Rostock; 2 juin 1846.
Lortet, docteur en médecine, à Lyon; 2 juin 1846.
Bartoloni, professeur de botanique, à Bologne; 10 novembre 1846.
De Notaris, professeur de botanique à Gênes; 10 novembre 1846.
Pietro Savi, professeur de botanique à Pise; 10 novembre 1846.
Targioni-Tozzetti, professeur de botanique à Florence; 10 novembre 1846.
Parlatore, professeur de botanique à Florence; 10 novembre 1846.
Moris, professeur de botanique à Turin, 10 novembre 1846.

MM. Collomb, géologue à Paris, 2 février 1847.
Meneghini, professeur à Padoue; 13 avril 1847.
Viziani, professeur à Padoue, 13 avril 1847.
Graells, directeur du musée de Madrid; 9 novembre 1847.
Cuming, naturaliste à Londres; 9 novembre 1847.
Beck (Bernard), professeur à Fribourg; 4 janvier 1848.
Delesse, ingénieur des mines; 8 février 1848.
Gray (John Edward), directeur du musée britannique; 8 février 1848.
Gray (George Robert), inspecteur du musée britannique; 8 février 1848.
Wilson (Edward), ornithologiste à Londres; 8 février 1848.
Gould (John), membre de la société royale de Londres; 8 février 1848.
Owen (Richard), membre de la société royale de Londres, etc.; 8 février 1848.
Sundevall, directeur du musée zoologique de Stockholm; 8 février 1848.
Loven, membre de l'académie de Stockholm; 8 février 1848.
Brandt, directeur du musée de Saint-Pétersbourg; 8 février 1848.
Eschricht, professeur à Copenhague; 8 février 1848.
Vrolik, directeur du musée d'Amsterdam; 8 février 1848.
Valentin, professeur à Berne; 8 février 1848.
De Siebold (Th.), professeur à Munich; 8 février 1848.
Dufour (Léon), membre correspondant de l'Institut, à Saint-Sever (Landes); 8 février 1848.
Carrière (Ed.), docteur en médecine à Saint-Dié; 1er août 1848.
Dechen, directeur général des mines, à Bonn, 5 novembre 1850.
Lesquereux, naturaliste en Amérique; 5 novembre 1850.
Trevisan, professeur à Padoue, 7 janvier 1851.
De Billy, ingénieur en chef des mines, à Paris; 2 décembre 1851.
Dollfus-Ausset, fabricant à Mulhouse; 2 décembre 1851.
Assa-Gray, naturaliste américain; 2 décembre 1851.
Borreau, directeur du jardin botanique d'Angers; 2 décembre 1851.
Thomas Moore, directeur du jardin botanique de Chelsea; 7 mai 1855.
Lindley, professeur de botanique; 7 mai 1855.
Nægely, professeur de botanique, à Munich; 7 mai 1855.
Kutorga, professeur à Saint-Pétersbourg; 4 juin 1855.
Pouchet, correspondant de l'Institut, à Rouen, 7 janvier 1856.
Lea, membre de l'académie de Philadelphie; 1er juillet 1856.
J. N. Torrès, recteur de l'université de Grenade; 1er juillet 1856.
Villanova, professeur de géoogie, à Madrid; 1er juillet 1856.

MM. Villemin, docteur en médecine, aide-major; 4 août 1857.

Sandberger, professeur à l'école polytechnique de Carlsruhe, 4 août 1857.

Durrieu de Maisonneuve, directeur du jardin botanique à Bordeaux; 10 novembre 1857.

Desmoulins, président de la société linnéenne de Bordeaux; 10 novembre 1857.

Saucerotte (Constant), docteur en médecine à Lunéville; 2 mars 1858.

Aronssohn (Jules), médecin militaire, ancien membre résident; 7 décembre 1858.

Phipson (le docteur), minéralogiste à Glascow; 7 décembre 1858.

Morren (Édouard), professeur à Liége; 11 janvier 1859.

Areschong, professeur à Upsal; 11 janvier 1859.

Roger, pharmacien militaire, ancien membre résident; 1er mars 1859.

Ludwig, ingénieur civil à Darmstadt; 5 juillet 1859.

Tasche, directeur des salines à Salzhausen; 5 juillet 1859.

Lejeune, chef d'escadron d'état-major; 3 juillet 1860.

Daubrée, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, professeur au jardin des plantes, ancien membre résident; août 1861.

MM. Tarzioni-Tozzetti (Adolphe), professeur à Florence; 3 décembre 1861.

Barboza-Dubocage, membre de l'académie royale de Lisbonne; 12 mars 1862.

Favre, géologue; 2 décembre 1862.

Brullé, professeur de zoologie et doyen de la faculté des sciences de Dijon; 3 mars 1863.

Ladrey, professeur de chimie à la faculté des sciences de Dijon; 3 mars 1863.

Jouan, lieutenant de vaisseau, 1er décembre 1863.

Quetelet, secrétaire perpétuel de l'académie de Bruxelles; 1er décembre 1863.

Bruch (Carl), professeur d'anatomie à Offenbach; 5 janvier 1864.

Nicklès, professeur de chimie à Nancy; 1er mars 1864.

Chielens, naturaliste à Tirlemont; 3 mai 1864.

Beete Jukes, directeur de la carte géologique d'Irlande, 1er août 1865.

Moore (Daniel), curateur du jardin botanique de Dublin; 1er août 1865.

L'Herminier, docteur en médecine à la Guadeloupe; 1er août 1865.

Santo Garovaglio, professeur de botanique à Pavie; 1er août 1865.

Liste des membres résidents décédés depuis la fondation de la Société.

MM. Nestler (Chr.), docteur en médecine, professeur à la faculté de médecine; membre fondateur; décédé le 2 octobre 1832.

Roth, docteur ès sciences; reçu le 5 novembre 1833; mort le 7 septembre 1834.

Lauth (Al.), docteur en médecine, professeur à la faculté de médecine; membre fondateur; mort le 24 mars 1837.

Voltz, inspecteur général des mines; membre fondateur; mort le 30 mars 1840.

Herrenschneider, professeur honoraire de la faculté des sciences; reçu le 15 octobre 1833; mort le 29 janvier 1843.

Duvernoy (G. L.), membre de l'Institut, professeur au jardin des plantes et au collége de France; membre fondateur; mort à Paris le 1er mars 1855.

MM. Hecht (E.), pharmacien, agrégé à l'école de pharmacie, membre du comité d'administration du musée d'histoire naturelle; reçu le 26 mars 1829; mort le 1er août 1856.

Munch, ancien directeur de l'école industrielle municipale de Strasbourg; reçu le 20 janvier 1835; mort à Paris le 23 septembre 1857.

Engelhardt (M.), ancien chef de division à la mairie de Strasbourg; reçu le 5 juillet 1831; mort le 8 janvier 1858.

Saucerotte (Nicolas), bibliothécaire de la société, conservateur adjoint du musée d'histoire naturelle; mort à Lunéville, le 27 octobre 1860.

Sarrus, doyen honoraire de la faculté des sciences; mort à Sainte-Affrique, le 20 novembre 1861.

Lereboullet, doyen de la faculté des sciences, secrétaire de la société; mort le 13 octobre 1865.

Les lettres, paquets, etc., devront être adressés, francs de port, à M. Engel, *secrétaire à l'Académie.*

STRASBOURG, IMPRIMERIE DE VEUVE BERGER-LEVRAULT.

MÉMOIRES

DE

LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG

MÉMOIRES

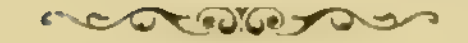
DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG

TOME SIXIÈME

DEUXIÈME LIVRAISON (20 PLANCHES)



STRASBOURG

TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN

1870

DES GENRES

ATICHIA, Fw., MYRIANGIUM, Mnt. et Berk., NÆTROCYMBE, Kbr.

MÉMOIRE

POUR SERVIR A

L'HISTOIRE DES COLLÉMACÉES.

PAR

M. A. MILLARDET.

Parmi les Lichens il est peu de groupes qui, à raison de la variété de la forme, de la singularité de la structure et de l'évidence des rapports avec d'autres classes, offrent plus d'intérêt que celui des Collémacées. C'est ce qui m'a déterminé, depuis deux ans déjà, à faire de cette famille l'objet d'une étude spéciale. J'espère pouvoir, avant peu, donner une histoire plus complète que ce que l'on connaît jusqu'ici du développement et de l'anatomie des organes végétatatifs et reproducteurs de ces plantes, et déterminer en même temps plus rigoureusement les limites et les rapports des différents genres. Pour aujourd'hui, je me borne à exposer le résultat de mes recherches sur trois genres que différents auteurs ont attribués à cette famille, à savoir: *Atichia* Fw., *Myriangium* Mnt. et Berk. et *Nætrocymbe* Kbr. De ces genres, le premier est extrêmement peu connu, et n'a été ni retrouvé ni étudié, depuis que Flotow, il y a dix-neuf années, en a donné une description qui se ressent de l'époque où elle a été faite; le dernier n'a été que très-superficiellement analysé par Massalongo et Kœrber; enfin, le *Myriangium*, bien que plus connu que les deux autres, n'a pas encore, malgré le grand nombre des observateurs qui l'ont étudié, obtenu la place qui lui appartient dans la classification.

ATICHIA Fw.

L'espèce unique qui, jusqu'ici, compose ce genre, fut découverte, en 1820, par Mosig, dans le Riesengebirge, où elle croît sur les branches, au sommet des plus vieux sapins. Il l'envoya à Acharius, qui en fit une espèce de *Collema*, sous le nom de *C. glomerulosum*. En 1850, Flotow, dans son travail sur les Collémacées [1], en fit le type d'un autre genre qu'il nomma *Atichia*, et qui, suivant lui, est caractérisé par la présence dans le thalle de filaments cellulaires incolores, portant à leur sommet une cellule brune prolifère, et dispersés dans une pulpe transparente; par le manque de toute espèce de matière verte, enfin par l'existence de protubérances particulières, faisant saillie à la surface, et qui, à raison de l'accumulation des gonidies qui les remplissent, offrent une teinte plus foncée que le reste de la plante. Ces protubérances avaient été prises par Acharius pour des apothécies (Flotow, *loc. cit.*, p. 151).

Kœrber, dans son *Systema Lichenum* et ses *Parerga*, donne, de notre plante, une description d'après Flotow, et la place, non sans quelque doute sur ses véritables affinités, dans la famille des Myriangiées.

Telles étaient les données qui existaient sur l'*Atichia Mosigii*, lorsqu'il y a deux ans, des exemplaires de cette plante me furent communiqués par M. de Zwackh, qui l'avait découverte depuis longtemps sur un vieux tilleul au château de Heidelberg. Il me fut d'abord impossible de déterminer cet étrange végétal ; enfin, l'ayant étudié avec plus de soin, je reconnus en lui une forme alliée aux Collémacées, ayant beaucoup d'analogie avec le genre *Atichia*, autant du moins que je pouvais en juger d'après les descriptions incomplètes de Flotow et de Kœrber. Ce fut sous le nom d'*Hyphodictyon lichenoides*, Syn ? *Atichia Mosigii* Fw., que je présentai la plante qui nous occupe à la réunion de la Société helvétique d'histoire naturelle qui eut lieu au mois d'août 1866 à Neuchâtel. Depuis, j'ai pu, grâce à la complaisance de M. Alexandre Braun et de M. le docteur Fuisting, la comparer aux échantillons authentiques de l'herbier Flotow et établir son identité. Dernièrement enfin, une découverte heureuse du docteur Gr. Kraus, qui retrouva cette même espèce aux environs de Fribourg, où elle croît fréquemment sur les feuilles de l'*Abies pectinata* D. C., me mit à même de l'étudier plus à fond et de tracer, aussi complétement que possible, l'histoire de son développement.

Les individus les plus développés de l'*Atichia* que j'aie observés jusqu'à présent, sont ceux de l'herbier Flotow sur des branches de sapin, ceux de Heidelberg sur

[1] *Ueber Collemaceen*, Linnæa, VIII. 1850.

celles du Tilleul, et ceux que j'ai trouvés, sur les tiges du *Viscum album,* aux environs de Fribourg en Brisgau. Chaque individu forme de petits pulvinules de 2 à 4 millimètres de diamètre et de 1 millimètre de hauteur, de couleur brunâtre plus ou moins foncée. Sur les feuilles de l'*Abies pectinata*, j'ai observé également la même plante, mais elle n'y atteint jamais les mêmes dimensions. Les fig. 1 et 3 donneront une idée des dimensions et de la forme de l'*Atichia.* La première est dessinée de grandeur naturelle, l'autre grossie trois fois. Le port et les autres détails organiques ont été plus spécialement exprimés dans la fig. 2, qui est dessinée à un grossissement de neuf diamètres.

L'*Atichia* a l'aspect d'un petit *Collema* ou plutôt d'un *Omphalaria.* Il est attaché par le centre, au moyen d'un petit épâtement, au corps qui lui sert de base (fig. 4). Étroitement appliqué sur son support à l'état sec, il s'élève et se déploie lorsqu'on le mouille. Du centre irradient plusieurs lobes qui vont se divisant quelquefois dichotomiquement, le plus souvent sans ordre, à partir de ce point jusqu'à la périphérie. La forme générale est arrondie. La fig. 2 donne une idée de l'habitus de la plante : on voit, éparses à la surface du stroma, depuis le centre jusqu'aux laciniures périphériques, une foule de protubérances arrondies, mesurant au maximum $0^{mm},4$ en hauteur et $0^{mm},45$ en épaisseur, pédicellées, de couleur brune plus foncée que le reste du stroma, et qui, à la loupe, ressemblent assez aux apothécies d'un *Biatora* Vues à un faible grossissement, elles paraissent entourées d'un rebord plus clair formé par la substance du stroma. Ce sont ces protubérances qui ont été prises pour des fruits par Acharius. Les fig. 4 et 5, qui représentent des coupes de la plante faites perpendiculairement à sa surface, achèveront de donner une idée de ces organes.

Vu sur une coupe de ce genre, le stroma offre une épaisseur de $0^{mm},4$ à $0^{mm},5$; il paraît composé de trois couches distinctes, une moyenne et deux périphériques ou corticales.

La couche moyenne, parfaitement hyaline, est formée de cellules irrégulières, offrant de deux à quatre ou cinq prolongements là où elles s'accolent aux cellules voisines. La paroi de ces cellules paraît mince ; leur contenu, absolument incolore, ne présente à remarquer que quelques granules très-petits et un, rarement deux granules plus gros, d'apparence huileuse. Elles forment, avec leurs prolongements, un véritable réseau, dont les mailles sont tendues dans toutes les directions. L'espace qu'elles circonscrivent est rempli par une substance gélatineuse, transparente, semblable à celle qui, dans les Collémacées, remplit les intervalles qui séparent les filaments des grains gonidiaux. Comme dans ces dernières plantes, cette substance gélatineuse doit son origine au gonflement et à la transformation successive des couches

les plus extérieures de chacune des cellules qui entrent dans la composition du thalle.

Telle est la structure de la couche moyenne. Les deux couches corticales sont formées par des cellules placées bout à bout, et figurant des filaments moniliformes courts, dirigés perpendiculairement à la surface de la plante. Ceux de la face inférieure sont plus allongés que ceux de la face supérieure. Ainsi que la fig. 6 le montre, la portion de la paroi de ces cellules qui, à la face supérieure de la plante, est tournée vers l'extérieur, est un peu plus épaisse que le reste et offre une coloration noirâtre. Au-dessus de ces cellules s'étend, comme une sorte de cuticule, une couche mince, gélatineuse, également teinte en brun, à la face supérieure du stroma. La couche corticale de la face inférieure n'offre, au contraire, presque aucune coloration.

On trouve çà et là, à l'extrémité des filaments moniliformes, des cellules plus grandes que leurs congénères, à paroi plus épaissie et contenant un gros globule huileux. Ces cellules sont plus nombreuses à la face supérieure du stroma qu'à l'inférieure. Leur membrane se fendille d'habitude plus ou moins irrégulièrement en deux ou trois segments qui s'écartent peu à peu et paraissent subir, petit à petit, la même transformation gélatineuse que les parois cellulaires du reste du stroma. Elles sont représentées en *a*, fig. 6. Je n'ai pu m'assurer si elles sont douées de fonctions spéciales.

Un trait particulier et tout à fait caractéristique de la plante qui nous occupe, c'est le mode de multiplication des cellules. Elles se forment toutes par bourgeonnement à la manière de la levure de bière. C'est là un mode de multiplication cellulaire que l'*Atichia* a de commun avec beaucoup de Champignons, et qui, dans les Lichens, n'est encore connu que pour les gonidies des Graphidées [1].

Outre le mode de multiplication de ses cellules, l'*Atichia* présente encore une propriété remarquable : une coupe traitée par une solution d'iode colore la gélatine intercellulaire en beau bleu. Toutefois je dois dire que cette réaction, qui m'a toujours réussi avec la plante de Heidelberg, manque souvent ou n'est qu'incomplète sur les exemplaires de l'herbier Flotow et sur ceux que j'ai récoltés à Fribourg. Dans ce cas, la coloration est ou très-peu intense ou d'une nuance qui tire sur le violet; quelquefois même elle ne réussit que sur les individus très-jeunes.

Je passe à la description des protubérances pédicellées.

Elles n'existent qu'à la partie supérieure du stroma. Vues d'en haut, elles sont irrégulièrement arrondies. Tantôt planes ou convexes à l'origine, elles se creusent lentement au centre d'une cavité qui augmente avec l'âge et par où le tissu de leur partie centrale s'échappe au-dehors en se désagrégeant. Vues sur une coupe perpendi-

[1] De Bary, *Handbuch der physiologischen Botanik von Hofmeister*, Bd. II, p. 260.

culaire à la surface de la plante, à un faible grossissement, elles présentent à leur sommet une ou plusieurs masses irrégulières, plus foncées que le reste, et entourées d'un tissu qui offre l'apparence du reste du stroma. Les pédicelles qui les portent sont courts, d'une longueur à peine égale à leur diamètre.

A un grossissement de trois à quatre cents fois, le pédicelle offre la structure ordinaire du stroma; quant aux masses brunes dont je viens de parler, elles paraissent composées d'éléments courts, ronds ou ovales, et d'un diamètre deux à trois fois inférieur à celui des cellules qui composent le reste de la plante. Le moyen le plus simple de se faire une idée de la structure de ces protubérances consiste à en écraser une sur le porte-objet. Ainsi qu'on le voit par les fig. 7 et 8, qui représentent le même objet à des grossissements différents, ces organes présentent, outre des cellules semblables à celles du stroma, et formant une espèce de réseau lorsqu'on les a dissociées par l'écrasement, des bouquets de filaments moniliformes, composés de deux à six cellules en moyenne, ramifiés, insérés sur les cellules dont je viens de parler, et cela de telle façon que leurs divisions sont toutes dirigées vers le même point, c'est-à-dire vers la partie supérieure de la protubérance. La fig. 8 *a* montre le mode de division le plus fréquent de ces filaments : on voit que les plus jeunes sont placés assez symétriquement au nombre de deux ou plus sur leur cellule-mère. Leurs cellules composantes naissent successivement par bourgeonnement et sont d'autant plus jeunes qu'elles sont plus éloignées du point d'attache du groupe tout entier. La membrane de ces cellules, d'abord mince et incolore, s'épaissit et prend une teinte de plus en plus foncée à mesure qu'elles grossissent, et deviennent plus âgées. Leur contenu est incolore et ne laisse distinguer qu'un ou deux granules extrêmement petits.

Les filaments moniliformes, contrairement au stroma, ne sont jamais colorés en bleu par l'iode. Leurs dimensions sont assez faibles, puisque chaque groupe mesure $0^{mm},32$ en moyenne, et chaque cellule composante $0^{mm},004$, également en moyenne. Ces cellules servent, ainsi qu'on va le voir, à la multiplication de la plante; je leur appliquerai désormais le terme de *conidies* qui répond parfaitement à leur nature.

Telle est la structure d'un *Atichia* adulte; j'arrive maintenant à son développement.

C'est la forme croissant sur les feuilles de sapin qui m'a servi exclusivement pour ces observations. Il suffit d'enlever, au moyen du rasoir, la couche la plus superficielle de l'épiderme et de l'examiner ensuite par transparence, pour avoir sous les yeux de jeunes *Atichia* à différents âges. J'ai employé un moyen encore plus simple et plus expéditif et qui consiste à enduire la face supérieure de la feuille d'une dissolution de gomme arabique, que l'on laisse sécher, et qui se sépare ensuite facile-

ment, emportant avec elle tout ce qui adhérait à l'épiderme. Ces petites écailles de gomme, placées dans une goutte d'eau, présentent, dans leurs rapports naturels, tous les objets qui se trouvaient à la surface de la feuille, et si on a choisi, pour l'examiner, le point où s'insérait un grand individu d'*Atichia*, on retrouve, tout autour de lui, sa descendance à différents états de développement.

En suivant ce procédé, on trouvera à l'entour de chaque individu bien développé, mais surtout autour des protubérances qui, ainsi que je l'ai déjà dit, se creusent et se vident peu à peu de leurs conidies; on trouvera, dis-je, au milieu d'une masse de jeunes *Atichia* à différents âges, des conidies isolées ou en groupes. Il est facile de les reconnaître et de les distinguer de tout ce qui pourrait être confondu avec elles, lorsqu'on s'est préalablement habitué à leur facies.

Quelque nombreuses et minutieuses qu'aient été mes recherches sur ce point, il m'a été impossible de m'assurer si chaque nouvel individu a son point de départ dans une seule conidie ou dans plusieurs. Il est impossible de trancher cette question, car nous ne possédons aucun moyen de distinguer une conidie qui aurait commencé à se multiplier par bourgeonnement, d'un petit groupe de conidies à peine sorti de la protubérance où il a pris naissance, et composé d'une conidie-mère et de quelques conidies-filles. Il est clair, du reste, que cette question n'est qu'une question de lieu, car tout glomérule de conidies est produit par une seule cellule.

Parmi les glomérules de conidies, l'immense majorité offre l'aspect que j'ai essayé de rendre dans la fig. 9, *a*, *b*, *c*. Ils sont de forme variable, irrégulière, le plus souvent ovale ou arrondie. Leurs cellules composantes sont au nombre de six, dix à vingt ou plus. Celles-ci n'adhérent que d'une manière lâche entre elles, et leurs interstices sont remplis par de l'air. Ces groupes de conidies ne représentent pas encore des individus et sont dus purement au hasard.

Le plus jeune individu d'*Atichia* que j'aie réussi à observer a été figuré en *d*, fig. 9. Il est dessiné au même grossissement que les fig. *a*, *b*, *c*, ainsi que ses cellules composantes. Son diamètre était de $0^{mm},023$; sa hauteur un peu plus petite. Il était appliqué sur l'épiderme par une base aplatie, et composé d'une trentaine de cellules en pleine végétation et dont les interstices n'étaient pas, comme dans le cas précédent, occupés par de l'air. La grosseur de ces cellules variait entre $0^{mm},005$ à $0^{mm},0062$, c'est-à-dire qu'elles étaient déjà d'un tiers plus grosses que les conidies, mais encore beaucoup plus petites que les cellules d'un *Atichia* adulte. Ce qui achevait de donner, à n'en pas douter, à ce globule l'aspect d'un jeune *Atichia*, c'était une sorte d'enveloppe ténue, de nature gélatineuse, qui enfermait tous ses éléments.

Il n'est pas douteux que ce jeune individu ne fût le résultat du développement d'une ou plusieurs conidies, la plante ne produisant pas de gemmes. J'ai trouvé en

très-grand nombre des individus un peu plus développés, d'un diamètre double ou triple de celui que je viens de décrire, et qui offraient toutes les transitions entre cet état très-jeune et l'état adulte. La fig. 10 représente, à un grossissement beaucoup moindre, des *Atichia* jeunes, depuis la forme globuleuse jusqu'au moment où ils commencent à se lober et à prendre leur forme caractéristique. J'ai représenté également en *b'* les cellules composantes d'un de ces jeunes individus, au même grossissement que la fig. 9; on voit qu'elles augmentent en diamètre à mesure que l'individu grossit; à cet âge elles n'offrent pas encore la forme si caractéristique qu'elles auront plus tard.

Comme de la forme *e*, fig. 10, à un *Atichia* adulte, il n'y a qu'un pas, le développement de notre plante se trouve terminé.

Ici se présente cette question : combien dure la végétation de l'*Atichia ?*

Il est facile d'y répondre si l'on calcule l'âge des rameaux ou des feuilles sur lesquels il croît. Toutefois il est évident que, de cette façon, on ne peut apprécier que l'âge maximum des individus, rien ne prouvant qu'ils ne sont pas plus jeunes que l'organe sur lesquels ils végètent. Cependant la comparaison des différentes formes qui viennent sur les sapins, le gui, le houx, le tilleul, m'a montré que l'*Atichia* ne dépasse pas quatre ou cinq années; à partir de ce temps il se transforme peu à peu en une masse amorphe et disparaît. Il peut, dans l'espace de deux ou trois ans, atteindre son maximum de développement.

Quant au mode de végétation de la plante, il est clair qu'étant dépourvue de chlorophylle, on doit la regarder comme un pseudo-parasite. Si l'*Atichia* n'offre pas de mycelium qui aille chercher, au sein de la plante qui le porte, les substances dont il se nourrit, il peut parfaitement se développer aux dépens des matières organiques provenant de son substratum et dissoutes, en petite quantité, dans la pluie et la rosée qui le mouillent; les Érysiphe ne végètent pas autrement.

Pour compléter l'histoire de l'*Atichia*, il me reste à parler d'un organisme spécial qu'on trouve quelquefois logé dans le stroma et que l'on pourrait prendre, à première vue, pour une forme d'organes reproducteurs. Ainsi que nous allons le voir, ce n'est qu'un parasite tout à fait analogue à celui que Bayrhoffer a décrit sous le nom de *Thrombium Nostoc,* et qui hante le *Nostoc commune*[1].

Ce petit champignon m'a été offert par des échantillons d'*Atichia* provenant de Heidelberg, ainsi que par la forme plus petite qui croît aux environs de Fribourg sur les feuilles de l'*Abies pectinata.* Il n'y est pas très-rare, mais cependant il est nécessaire de passer en revue un bon nombre d'individus avant d'en rencontrer un qui en

[1] *Botanische Zeitung*, 1857, p. 137.

soit affecté. Sa présence ne se trahit par aucune déformation notable, et ne peut être constatée qu'au microscope. Un faible grossissement fait apercevoir çà et là, le plus souvent en grand nombre, de petits espaces arrondis, plus clairs que le reste du stroma et qui représentent les apothécies. Une coupe verticale est le procédé le plus apte à donner une idée de la nature et de la position de ces organes.

La fig. 11 représente une telle coupe ; on y voit trois apothécies adultes et une très-jeune. La forme de ces apothécies est intermédiaire entre celle des apothécies gymnocarpes et celle des angiocarpes, de sorte qu'ici, comme dans beaucoup d'autres cas, on est dans l'embarras pour savoir à laquelle de ces deux formes elles doivent être rapportées. Leur diamètre varie entre $0^{mm},06$ et $0^{mm},09$; la hauteur entre $0^{mm},05$ et $0^{mm}07$. L'excipulum est constitué par une ou deux couches de cellules isodiamétriques à paroi mince et colorée en brun, qui émettent en dehors quelques filaments mycéliaux de grosseur variable, variqueux ou non, lesquels serpentent entre les cellules du stroma et montrent de fréquentes ramifications. En dedans, ces cellules de l'excipulum se perdent graduellement dans l'hypothecium en devenant de moins en moins distinctes (fig. 12). L'hymenium est composé de thèques plus ou moins claviformes, contenant six spores et simulant des paraphyses lorsqu'elles sont vidées. Ces spores sont naviculaires ou fusiformes, uni-, rarement biloculaires, et contiennent deux globules fortement réfringents. Elles mesurent de $0^{mm},011$ à $0^{mm},015$ en longueur et $0^{mm},0037$ à $0^{mm},005$ en largeur.

Parmi les apothécies on trouve encore çà et là des spermogonies qui, vraisemblablement, appartiennent au même parasite. Les dimensions de ces derniers organes sont deux à trois fois moindres que celles des apothécies : l'une d'entre elles mesurait $0^{mm},025$ sur $0^{mm},02$. Les stérigmates sont simples et courts, et les spermacies extrêmement ténues ($0^{mm},0025$ sur $0^{mm},0012$) appartiennent à la forme aciculaire, ainsi qu'on le voit dans la fig. 14.

J'ai pu, grâce à une observation attentive, déterminer la manière dont ce fungus parasite se développe sur l'*Atichia*.

Si l'on examine avec soin la surface d'un *Atichia* infesté du parasite en question, on ne tarde pas à remarquer une foule de corpuscules fusiformes dressés, adhérents et comme implantés à sa surface. De bonnes coupes, telles que celles qui sont représentées dans les fig. 16 et 15, ne laissent aucun doute sur la nature de ces corpuscules. On y reconnaît des spores avec leurs dimensions normales et pourvues pour la plupart d'un filament-germe qui, partant de leur extrémité adhérente, s'enfonce dans le tissu de l'*Atichia* et peut, grâce à la transparence de ce dernier, être suivi assez loin dans son épaisseur.

Ainsi que je le disais plus haut, cet organisme doit être considéré comme un parasite et non comme une forme d'organes reproducteurs de l'*Atichia* lui-même. Comme l'*Atichia*, il a son cycle de développement bien déterminé et se reproduit directement de ses spores de la même façon que ce dernier au moyen de ses conidies. On ne peut alléguer contre cette opinion les analogies que notre plante offre avec les Collémacées, le développement de ces dernières plantes étant encore enveloppé de la plus profonde obscurité.

Avant de terminer l'histoire de l'*Atichia*, je dois encore, pour être complet, faire mention d'une production assez bizarre et que j'ai presque toujours rencontrée dans le stroma des individus infectés du parasite dont je viens de parler.

Cette production (voy. fig. 16 et 17) consiste en petites masses globuleuses à coupe granulée, nichées au milieu du stroma dans les points où celui-ci est traversé par un très-grand nombre de filaments mycéliaux extrêmement ténus, appartenant, selon toute probabilité, au fungus parasite dont il a été question plus haut. Ces filaments s'entre-croisent tout autour des masses globuleuses en question, mais ne paraissent pas pénétrer dans leur intérieur. On peut, à première vue, confondre ces masses avec les rudiments d'une protubérance et prendre les granulations dont elles se composent pour un amas de jeunes conidies; mais une observation plus attentive montre que l'on a affaire à des organismes tout à fait différents.

En effet, si l'on écrase lentement une coupe contenant une ou plusieurs de ces masses globuleuses, on s'assure d'abord qu'elles sont constituées par des corpuscules excessivement petits, mesurant à peine la moitié du diamètre des conidies de l'*Atichia.* Extrêmement pressés et réunis par milliers, ces corpuscules forment une masse arrondie, très-réfringente, parfaitement limitée, bien qu'on ne trouve pas de trace d'enveloppe commune à sa surface (fig. 16). Après avoir complétement isolé ces corpuscules, ce qui, soit dit en passant, n'est pas toujours facile à raison de leur adhérence intime, on voit que chacun d'eux se compose d'un corps rond ou à peine anguleux et de quatre cils extrêmement déliés, placés le plus souvent suivant deux diamètres perpendiculaires. Le corpuscule tout entier mesure en moyenne $0^{mm},025$; le corps seul ne dépasse pas $0^{mm},0025$. Ce dernier se compose d'une membrane dans laquelle on aperçoit quelquefois un ou deux granules. Les cils sont fort raides, malgré leur délicatesse, droits ou arqués. Le tout résiste très-bien aux réactifs les plus énergiques (voy. fig. 17).

J'ajouterai que jamais je n'ai observé le moindre mouvement chez ces organismes, lorsque je les mettais dans l'eau. Toutes mes coupes ont été faites sur des *Atichia* desséchés et ayant séjourné dans la chambre pendant quelques jours.

Il m'est impossible de formuler la moindre hypothèse vraisemblable sur la nature et le rôle de ces productions extraordinaires.

Tels sont les faits relatis à l'anatomie et au développement de l'*Atichia* qu'il m'a été donné de constater jusqu'à présent.

Si ces observations ne sont point encore assez complètes pour permettre de classer définitivement l'*Atichia*, elles sont cependant suffisantes pour affirmer qu'il n'appartient ni au genre *Collema*, comme le pensait Acharius, ni à la famille des Collémacées, comme le voulait Flotow, ni à celle des Myriangiées, ainsi que l'a supposé Kœrber. La chlorophylle, aussi bien que les autres pigments que l'on trouve dans les Algues et les Lichens, lui manquant absolument à toutes les époques de son développement, on ne peut l'attribuer qu'à la classe des Champignons. Dans le voisinage de quels genres doit-il être placé ? c'est ce qu'il me semble impossible de déterminer pour le moment, tant que d'autres organes de reproduction n'auront pas été découverts, s'il en existe toutefois. Il forme donc un type tout à fait distinct et à part.

Il est impossible de n'être pas frappé des affinités que notre plante présente avec les deux autres grandes classes de Cryptogames inférieures, les Algues et les Lichens. Son habitus, la masse de gélatine qui remplit le stroma, sa coloration par l'iode, le rapprochent des Collémacées, tandis que la nature de son tissu et l'aspect de ses filaments conidiaux rappellent involontairement à l'esprit les tissus de quelques Fucacées et les cystocarpes des Floridées[1].

D'après ces considérations, l'*Atichia* serait donc un type de transition, et comme tel d'autant plus digne de fixer l'attention des botanistes.

[1] Je laisse suivre, en la complétant, la diagnose de l'*Atichia Mosigii*, telle à peu près que je l'ai déjà donnée dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1866.

ATICHIA Fw.

Thallus parvus, nigro-fuscus, rotundatus, centro cortici applicatus, profunde incisus, lobis irregulariter dichotomis, extremis acutis. Thalli superficie verrucis nodulosis, subpedicellatis, colore obscuriore occupata. Verrucæ e cellulis moniliformi-conjunctis, oblongis, pariete crasso, infuscato constantes, mox centro dehiscentes, sensimque fatiscentes.

Thallus structura homœomericus, e cellulis constans hyalinis, irregulariter rotundato-difformibus, substantia gelatinosa circumductis; strato corticali superiore filamentis moniliformibus curtis, cellulis extremis (exterioribus) infuscatis constituto.

Gelatina thallina, pro more, iodo intense cærulescens.
Plantula materie viridi plane destituta, fungis adscribenda.

Species unica : Atichia Mosigii Fw.
Syn. Collema glomerulosum Ach. — Hyphodictyon lichenoides m. olim.

MYRIANGIUM Mnt. et Berk.

Le genre *Myriangium* fut établi, en 1845, par Montagne et Berkeley, sur deux espèces : le *Duriæi* et le *Montagnei*. Selon ces deux éminents cryptogamistes, ce genre offre des affinités assez éloignées avec les *Dothidea*, un peu plus intimes avec les *Arthonia*, tandis que par sa structure il rentre dans les Collémacées[1].

Dans la Flore d'Algérie, Montagne en donne une figure (pl. 19) et le place décidément dans les Collémacées : « il appartient évidemment aux Collémacées. »

Depuis, tous les lichénologues se sont accordés à le maintenir dans cette famille[2]; seul M. Nylander, frappé, après l'avoir analysé avec soin, des différences essentielles qu'il présente, en fait le type d'une division de premier ordre placée sur la même ligne que ses Collémacées et ses Lichénacées[3].

Ainsi qu'on va le voir, il faut faire un pas de plus et l'exclure entièrement de la classe des Lichens.

A son maximum de développement, et tel qu'on le trouve dans la collection Lindig[4], le *Myriangium Duriæi* forme de petits pulvinules de couleur brune, de 1 à 6 ou 8 millimètres de diamètre sur une épaisseur de 1 millimètre à peu près. Ils sont composés d'un thalle ou stroma granulé et lobé à la circonférence, et d'organes apothéciformes aplatis, à bords plus ou moins polygonaux et proéminents, placés au centre. Autour de ces apothécies adultes s'en trouvent d'autres d'autant moins déve-

Ad cortices quatuor mm. latitudine attingit, ad folia unum haud frequentur excedit, inde formas duas *Atichiæ* distinguere licet, nempe :

Corticicolam — majorem.
Foliicolam — minorem.

Habitat in Riesengebirge ad ramos altissimos *Abietum* (Mosig), in arce Heidelbergensi ad ramulos *Tiliæ* cujusdam annosæ (v. Zwackh) et ad folia *Pini balsameæ* (Hofmeister). In agro Friburgensi supra folia *Abietum* necnon *Viscum album* haud infrequens occurrit (Kraus).

[1] Hooker, *Journal of Botany*, 1845, p. 72.

[2] Entre autres, Kœrber et Stizenberger (*Bericht über die Thätigkeit der Sankt-Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, 1861, p. 62).

[3] *Synopsis methodica Lichenum.*

[4] Ces recherches ont porté sur des exemplaires de *M. Duriæi*, venant de trois localités : de Cherbourg, d'Italie et de la Nouvelle-Grenade. Je dois les premiers à l'obligeance de M. Le Jolis : les autres m'ont été communiqués par M. le professeur de Bary et M. le docteur Stizenberger. Les uns provenaient de la collection Lindig, n° 2583, les autres de Cesati, qui les avait récoltés sur un *Nerium* en Italie. Tous les dessins sont faits sur les échantillons de la Nouvelle-Grenade, à l'exception des fig. 25 et 26, que j'ai dessinées d'après la plante italienne.

loppées qu'elles sont plus rapprochées des bords du stroma ; les plus jeunes forment des corps arrondis s'ouvrant au centre par une déchirure radiée, qui s'accroît de plus plus, à mesure que le noyau central se dilate (fig. 23-24).

Le *Myriangium Duriæi* ne semble pas atteindre en Europe le même développement; c'est au point qu'il offre un facies tout à fait différent et que, n'était la ressemblance complète des spores et des thèques, on en aurait probablement fait une espèce spéciale. Dans la plante de Cherbourg et d'Italie, le stroma offre à peine 3 millimètres de développement en surface; il est irrégulier, mince; sa couche corticale offre une structure différente de celle de la plante américaine; les apothécies sont mal délimitées, quelquefois à peine visibles. Toutefois ces différences, qui sont peut-être moins tranchées qu'il ne m'a semblé, probablement à cause du petit nombre d'exemplaires que j'ai eus à ma disposition, n'ont pas paru suffisantes aux systématiciens pour établir les deux plantes d'Europe et d'Amérique comme deux formes différentes.

Malgré le grand nombre d'individus que j'ai examinés et les coupes les plus variées, je n'ai pu trouver, ni sur le stroma, ni même dans son voisinage, quelque organe ressemblant à une spermogonie, et que l'on pût, avec quelque vraisemblance, rapporter à notre plante.

Vu sur une coupe perpendiculaire au stroma (fig. 25), le *Myriangium* se présente sous forme d'expansions irrégulières, aplaties ou tuberculeuses, laissant çà et là de minces intervalles entre elles et appuyées sur l'épiderme de la plante qui le porte. Il est tout entier de structure pseudo-parenchymateuse, et l'on ne voit aucun filament mycélial en partir pour s'enfoncer dans les cellules de l'écorce. La couleur du tissu est brune ou jaunâtre; çà et là à la surface, et plus rarement à l'intérieur, se montre quelquefois une coloration verte produite par la présence de quelques *Pleurococcus.*

Examiné à un grossissement suffisant, le stroma se résout en cellules polyédriques, à diamètres presque égaux ou jusqu'à deux, trois ou quatre fois plus longues que larges; la paroi de ces cellules est mince, colorée en brun ; leur contenu est incolore, tantôt uniforme, tantôt présentant un ou deux granules qui réfractent fortement la lumière, quelquefois plusieurs petits corpuscules (fig. 26, 27,28).

La portion corticale du stroma offre presque toujours une structure un peu différente : les cellules sont plus longues et plus étroites, pressées et à grand diamètre perpendiculaire à la surface de la plante. Ainsi que je l'ai déjà indiqué plus haut, la zone corticale est surtout développée dans les exemplaires américains. Dans la plante européenne elle manque complétement ou est à peine distincte.

Ce pseudo-parenchyme s'accroît par la production de cloisons interstitielles, ainsi que le montre leur épaisseur relative.

Le stroma repose sur l'épiderme. Je ne l'ai jamais vu pénétrer plus loin. Dans les individus qui croissent sur le *Nerium Oleander*, où la cuticule est très-épaisse, il pénètre entre elle et les cellules épidermiques, et on trouve çà et là, dans le tissu du *Myriangium*, des lambeaux de cette membrane, que l'accroissement des cellules a dérangés de leur position originelle (fig. 25). Bien que l'action nuisible que le parasite exerce sur les tissus sous-jacents soit très-faible, elle est incontestable; la cuticule et les couches extérieures des cellules épidermiques s'exfolient, et une matière d'un brun rougeâtre se développe dans leurs interstices (fig. 26).

Il ne m'a pas été donné d'observer la germination des spores ni la manière dont le stroma se développe au moyen de ces filaments germinateurs. J'ai pu cependant étudier des individus très-jeunes et renfermés encore presque en entier entre deux lambeaux de cuticule. La fig. 26 représente une coupe verticale d'un de ces jeunes individus qui atteignait à peine un diamètre d'un demi-millimètre. Je me suis assuré, par une série de coupes et un examen attentif à la loupe, qu'il s'agissait bien d'un très-jeune individu et non du bord d'un stroma de grande dimension. Il est naturellement impossible de savoir si ce jeune *Myriangium* est ou non dû à la germination d'une ou de plusieurs spores.

On peut voir, dans cette figure, comment la cuticule a été soulevée d'un côté et refoulée de l'autre; le parasite repose directement sur les cellules épidermiques, dont les différentes couches d'épaississement sont disjointes et plus ou moins altérées. Ce jeune stroma ne diffère en rien de celui des individus plus âgés; il est seulement moins parenchymateux et on peut suivre plus facilement le trajet des hyphes qui le composent.

Le développement des apothécies est très-facile à suivre.

Dès qu'une des protubérances du stroma a acquis une certaine grosseur, laquelle est très-variable, on voit se former, vers son centre, une région plus claire que le reste et composée d'un tissu à cellules plus petites que les cellules environnantes, et à parois plus minces (fig. 25 *a*). Ce tissu est semblable à celui que j'ai reproduit, fig. 28, en *a*. Il augmente peu à peu en épaisseur, et bientôt apparaissent dans son sein quelques cellules plus grandes, à protoplasma plus abondant, qui ne sont autre chose que les jeunes thèques. Celles-ci grossissent de plus en plus à mesure que d'autres se forment au-dessous d'elles, jamais au-dessus, et que leur tissu générateur continue à s'étendre en largeur et en épaisseur. A mesure que les thèques se développent, les cellules du tissu générateur placé entre elles s'agrandissent, s'épaississent et passent à l'état qu'elles conserveront définitivement. L'enveloppe de ce noyau thécifère ne se déve-

loppe que beaucoup plus lentement, ses cellules étant déjà trop âgées pour se multiplier davantage; distendue par la production incessante de tissu générateur à la base de l'apothécie et par le développement des thèques et des cellules qui les entourent, elle finit par se déchirer au sommet, et ses bords, s'écartant lentement, forment au noyau thécifère une sorte d'excipulum. Les dimensions de l'apothécie augmentent ainsi petit à petit par la production continuelle de tissu thécifère au moyen de la zone génératrice. Un coup d'œil jeté sur les fig. 25, 27 et 28 fera saisir l'ensemble et la suite de ces phénomènes. On y verra la zone génératrice placée, comme une calotte à concavité supérieure, à la base de l'apothecium et formant sans cesse, par sa partie centrale, des thèques nouvelles; par ses bords, le tissu de l'excipulum.

La présence de cette sorte de cambium générateur du tissu thécifère est un fait unique dans la division des cryptogames thécasporées, et qui assure au *Myriangium* une place à part dans la classification.

Ce coup d'œil général sur le développement des apothécies donne déjà une idée de leur structure à l'état adulte. Il me suffira d'insister sur quelques particularités pour en compléter l'histoire.

Dans une apothécie bien développée, la surface libre est plus ou moins irrégulière, et présente des élévations et des dépressions qui correspondent à la facilité plus ou moins grande avec laquelle le tissu thécifère se désagrége dans ses différents points. A mesure que les thèques, poussées par le tissu générateur qui les soulève continuellement, viennent affleurer à la surface, elles s'ouvrent et laissent échapper leurs spores. Quant à l'excipulum, il forme un rebord plus ou moins développé et persistant tout autour de l'apothécie (fig. 27).

Le tissu placé au-dessous du tissu générateur ne diffère pas de celui du reste du stroma. Comme lui, il se compose de cellules à peu près isodiamétriques à parois résistantes et colorées en brun, à contenu incolore et plus ou moins apparent, quelquefois nul, présentant un ou plus rarement plusieurs granules et quelques corpuscules irréguliers (fig. 28, le contenu des cellules n'a pas été rendu pour ne pas trop compliquer le dessin).

Le tissu générateur (fig. 28 *a*) se compose de cellules nues ou deux fois plus petites que les autres cellules de l'apothécie, de forme polygonale, à parois minces et à contenu visiblement plus riche en protoplasma que les tissus adjacents. On y voit d'espace en espace des lignes radiales de couleur foncée et de figure brisée (fig. 27-28) résultant de l'épaississement unilatéral de quelques séries de cellules. Le tissu générateur ne s'étend pas du fond de l'apothécie jusqu'à sa surface, il cesse bien au-des-

sous de celle-ci et perd, dans ce point, la faculté de donner naissance à des thèques (fig. 28 *b*).

La formation de ces derniers organes est assez difficile à suivre; il est besoin pour cela de coupes extrêmement minces et bien faites; les exemplaires américains m'ont paru préférables aux autres pour ces recherches.

Sur des coupes qui n'intéressent qu'une ou deux couches de cellules en épaisseur, et telles qu'on les voit reproduites dans les fig. 27 et 28, on voit dans la partie moyenne de la zone génératrice quelques cellules qui se distinguent de leurs voisines par une forme plus arrondie et un contenu plus riche en protoplasma: ce sont les jeunes thèques. Leur membrane, d'abord mince, s'épaissit peu à peu à mesure qu'elles s'agrandissent, les cellules environnantes sont refoulées et çà et là résorbées et désorganisées (fig. 28, la thèque placée un peu au-dessus de *a*). En dedans de la membrane primaire de la thèque se forme une couche secondaire, qui augmente de plus en plus en épaisseur et se gonfle excessivement lorsqu'on place une coupe dans l'eau; elle peut alors atteindre plus de quinze fois son épaisseur primitive, surtout dans sa partie tournée vers la surface de l'apothécie, ainsi que Nylander l'a déjà remarqué[1]. Il est inutile de dire qu'ici, comme dans les Thécasporées en général, cette propriété sert à la dispersion des spores.

Les spores sont incolores, au nombre de huit dans chaque thèque, de forme oblongue, souvent un peu rétrécies au milieu. Leur membrane est formée de deux couches distinctes: l'épispore, qui se gonfle beaucoup dans l'eau et finit souvent par disparaître, et un endospore très-mince. Elles sont cloisonnées dans les trois directions, le nombre des cloisons transversales est de six à huit (fig. 29 *a*-*b*). Leurs dimensions varient dans les exemplaires américains entre 0^{mm},024-0^{mm},032 pour la longueur, et 0^{mm},009-0^{mm},015 pour l'épaisseur. Dans la plante italienne les limites de la grandeur étaient comprises entre 0^{mm},0257-0^{mm},035; celles de l'épaisseur entre 0^{mm},0096-0^{mm},014.

Le tissu placé entre les thèques suit leur développement progressif. Ses cellules ne diffèrent de celles du reste du thalle que par une minceur plus grande des parois, des dimensions souvent un peu plus considérables et une coloration moins foncée. Par sa rigidité il concourt activement a l'expulsion des spores, lorsque la couche interne des thèques se gonfle sous l'influence de l'humidité.

Afin de motiver ma conclusion, à savoir que le *Myriangium* doit cesser de faire partie de la classe des Lichens pour être rangé dans celle des Champignons, il me suffira de répéter qu'à aucune période de son existence il ne possède de chlorophylle ni de pigment analogue.

[1] *Op, cit.*, p. 139.

La classe des Champignons ne compte qu'un seul groupe qui montre quelques affinités avec le genre *Myriangium*, c'est celui des Tubéracées. Toutefois, s'il est vrai que cette famille offre avec notre plante des analogies de structure assez éloignées, il ne faut pas perdre de vue qu'il n'existe aucun rapport commun aux deux types, ni dans le développement, autant du moins qu'on le connaît à cette heure, ni dans la plupart des caractères morphologiques. Il me semble donc convenable de classer le genre *Myriangium* à côté de la famille des Tubéracées comme groupe d'égale importance[1].

NÆTROCYMBE Kbr.

Kœrber a publié dans ses *Lichenes selecti Germaniæ*, n° 58, puis décrit dans les *Parerga*, p. 441, sous le nom de *Nætrocymbe fuliginea* une plante que Massalongo désigna plus tard sous le nom de *Coccodinium Bartschii* (Esam. compar., p. 56, d'après Kœrber). Ces deux auteurs n'hésitent pas à la placer parmi les Collémacées[2].

La plante en question croît sur les rameaux du tilleul, qu'elle recouvre souvent sur une étendue de plusieurs pouces d'une croûte discontinue, granulée, d'un brun noirâtre. Cette croûte ou stroma, de 3 à 5 dixièmes de millimètres d'épaisseur, examinée à la loupe, paraît formée d'une multitude d'aréoles anguleuses, larges de 1 à 2 millimètres, séparées les unes des autres par de petits sillons, absolument comme les aréoles qui composent le thalle de la plupart des Lichens crustacés (voy. fig. 18). Sur ce stroma s'élèvent une masse d'apothécies nucléiformes, presque microscopiques puisque leur diamètre mesure $0^{mm},2$ à $0^{mm},3$ seulement. Elles sont noires et ombiliquées

[1] Pour mieux faire comprendre ma pensée au sujet de la place qui revient au *Myriangium* et à l'*Atichia* dans la série mycologique, je crois bon de rapporter ici la classification de M. de Bary, d'autant plus qu'elle doit être peu connue en France. C'est la seule, à ma connaissance, qui prenne pour base les découvertes qui, dans ces vingt dernières années, ont changé la face de la mycologie, et soit, par conséquent, l'expression de l'état actuel de nos connaissances sur l'histoire de ces végétaux. Elle a paru en 1866, dans le *Handbuch der physiologischen Botanik*, Bd. II, p. VI.

I. *Phycomycetes.*	II. *Hypodermii*, Fr.	III. *Basidiomycetes.*	IV. *Ascomycetes.*
a) Saprolegnieæ.	*a*) Uredinei Tul.	*a*) Tremellini Tul.	*a*) Protomycetes.
b) Peronosporeæ.	*b*) Ustilaginei Tul.	*b*) Hymenomycetes.	*b*) Tuberacei.
c) Mucorini.		*c*) Gastromycetes.	*c*) Onygenei.
			d) *Myriangiei.*
			e) Pyrenomycetes.
			f) Discomycetes.

Incertæ sedis *Atichieæ.*

[2] Les exemplaires que j'ai eus à ma disposition m'ont été communiqués, à l'état sec, par M. de Zwackh, qui les avait reçus de Sauter. Ils sont en tout semblables à ceux qu'Arnold a publiés dans ses *Lichenes exsiccati*, sous le n° 106.

pour la plupart. Si on les humecte, beaucoup deviennent convexes, celles qui possèdent encore leur nucleus se gonflent fortement, tandis que les autres dont l'hymenium a disparu restent affaissées.

Sur une coupe perpendiculaire à sa surface (fig. 19, 20), le stroma apparaît comme formé d'un pseudo-parenchyme homogène et qui n'est interrompu que par des lacunes accidentelles placées de distance en distance. A un fort grossissement, la structure pseudo-parenchymateuse devient tout à fait évidente, et le tissu se décompose en cellules allongées, formant des filaments, là où elles sont placées à une certaine distance les unes des autres; le plus souvent isodiamétriques, arrondies ou polygonales dans les points où elles sont plus pressées. Leur membrane est colorée en brun, tandis que le contenu est toujours parfaitement incolore. On remarque dans celui-ci un globule rond d'apparence huileuse (fig. 22). A sa base, le stroma offre très-souvent des débris de l'épiderme et des tissus extérieurs de l'écorce dispersés irrégulièrement dans son épaisseur.

Les apothécies sont plongées dans ce stroma jusque vers leur milieu, elles sont parfaitement rondes ou un peu déprimées. Le perithecium se compose de deux couches distinctes; l'une extérieure (excipulum), qui prend insensiblement la structure du thalle dans sa partie externe, est formée de cellules à parois plus épaisses et plus foncées que celles du reste de la plante; l'autre intérieure (hypothecium), sous-hyméniale, est formée d'un tissu à peine distinct là où il supporte l'hymenium et passant peu à peu au tissu de l'excipulum dans sa région externe. Ces deux couches sont percées au centre d'un canal étroit dirigé perpendiculairement en haut et dont la base est tapissée par des cellules délicates allongées.

L'hymenium et formé uniquement par des thèques irrégulièrement claviformes et qui se gonflent tellement dans l'eau qu'on ne peut les observer qu'en les examinant dans de l'alcool ou de la glycérine étendue. Elles m'ont paru contenir constamment huit spores.

Celles-ci sont oblongues et uniloculaires à l'origine; elles se partagent ensuite en 2, puis 4, 6, jusqu'à plus de 24 loges, par des cloisons inclinées suivant les trois dimensions. Leur cloisonnement successif est accompagné d'une augmentation notable de longueur et de diamètre, ainsi qu'on le voit par la fig. 21, qui représente les dimensions relatives des spores à leurs différents stades de développement. D'abord incolores, elles deviennent brunes en grandissant; on remarque dans chaque logette un globule arrondi[1]. L'iode ne produit pas de coloration spéciale sur l'hymenium.

[1] Diamètre des apothécies $0^{mm},19$ à $0^{mm},3$; hauteur de l'hymenium $0^{mm},079$ environ; spores adultes: longueur, $0^{mm},019$ à $0^{mm},025$; largeur, $0^{mm},0096$ à $0^{mm},012$.

Je ne m'arrêterai pas davantage sur cette plante, la courte analyse que je viens d'en donner suffisant pour démontrer que, loin d'être une Collémacée, ce n'est qu'une Sphériacée des mieux caractérisées, bien que les stylospores et les spermogonies n'en aient point encore été observés. Il est difficile de concevoir comment Massalongo, Kœrber et d'autres auteurs ont pu placer le *Nœtrocymbe* dans les Collémacées après avoir décrit le stroma comme parfaitement homogène et composé seulement de gonidies noires (mélanogonidien). Il y a là une confusion étrange des propriétés morphologiques et physiologiques, cependant si tranchées, qui distinguent les gonidies des Lichens et les cellules variées qui entrent dans la composition du tissu des Champignons.

EXPLICATION DES FIGURES.

Atichia Mosigii Fw. (fig. 1-17).

Fig. 1. — Un rameau de tilleul, avec plusieurs *Atichia*, à différents degrés de développement (grandeur naturelle, d'après des échantillons de Heidelberg).

Fig. 2. — Le plus développé des exemplaires que l'on voit dans la figure précédente, grossi 9 fois. La plante est vue par sa face supérieure; elle avait été préalablement humectée avant d'être dessinée. Le stroma est très-irrégulièrement dichotome et couvert de protubérances pédicellées d'une façon plus ou moins apparente. Celles-ci offrent un bord plus clair, qui entoure le nucleus plus obscur. Un grand nombre présentent une ouverture centrale.

Fig. 3. — Deux feuilles d'*Abies pectinata*, couvertes d'*Atichia* plus ou moins développés (gross. 3 fois ; d'après un échantillon de Fribourg).

Fig. 4. — Coupe verticale d'un assez jeune *Atichia* et de la feuille d'*Abies* sur laquelle il croît, pour faire voir de quelle façon il y est attaché (gross. 20 fois).

Fig. 5. — Coupe générale d'une portion de stroma d'un *Atichia* bien développé, perpendiculaire à sa surface. Les différents degrés de développement par lesquels passent les protubérances, y sont représentés. A droite, ces organes encore jeunes et sessiles; à gauche, pédicellés et commençant à se désagréger à leur centre pour laisser échapper les conidies qu'ils renferment. La structure du stroma, les couches corticales supérieure et inférieure sont indiquées autant que le faible grossissement le permet (gross. 50 fois).

Fig. 6. — Coupe verticale du stroma, à un fort grossissement ; le contenu des cellules n'a pas été figuré ; la partie moyenne se compose de cellules irrégulières formant une sorte de tissu spongieux ou caverneux. Dans les zones corticales supérieure et inférieure on voit que les cellules se multiplient par bourgeonnement; les plus jeunes sont encore adhérentes entre elles et figurent ainsi des filaments moniliformes plus longs à la face inférieure du stroma qu'à la supérieure. Toutes ces cellules sont éparses au milieu d'une gélatine homogène, dont la couche la plus extérieure forme une sorte de cuticule. Dans la couche corticale supérieure on voit deux cellules plus grosses, à paroi épaissie et très-foncée, surtout vers l'extérieur ; dans la couche corticale inférieure se trouve une seule cellule semblable. Ces mêmes cellules ont été représentées à part en *a* ; ainsi qu'on le voit, la couche la plus externe de leur membrane se fendille spontanément d'une façon assez régulière ; dans l'intérieur est un gros globule graisseux (gross. 500 fois).

Fig. 7. — Le tissu qui forme la partie moyenne des protubérances dissocié par la pression. On y voit des cellules semblables à celles de la partie moyenne du stroma placées en chaînes ramifiées et supportant d'espace en espace des groupes de filaments moniliformes (gross. 150 fois).

Fig. 8. — Une portion du même tissu à un grossissement supérieur. Les grandes cellules, semblables à celles du stroma, sont incolores, et leur contenu n'offre à remarquer que quelques petits granules, quelquefois un globule huileux. Les filaments moniliformes sont placés, au nombre de deux ou quatre, sur leur cellule-mère; les cellules dont ils se composent, ou conidies, se multiplient exclu-

sivement par bourgeonnement, et les plus jeunes sont toujours placées du côté extérieur. Ainsi qu'on le voit en *a*, ces conidies, d'abord incolores, acquièrent en vieillissant une teinte foncée, qui est due à la coloration et à l'épaississement de leur membrane. On voit dans chacune d'entre elles un ou deux petits globules (gross. 620; *a* 900 fois).

Fig. 9. — *a*, *b*, *c*. Plusieurs groupes de conidies tels qu'on en rencontre en grand nombre autour des individus âgés. Ces conidies ne diffèrent de celles que nous avons vues jusqu'ici renfermées dans l'épaisseur des protubérances et unies en filaments moniliformes que par une rondeur plus parfaite. Ces groupes ne paraissent pas devoir être l'origine de jeunes *Atichia*, les intervalles compris entre les conidies étant occupés par de l'air.

En *d* se voit un jeune individu. Les cellules qui le composent, au nombre d'une trentaine, sont visiblement en train de se multiplier; elles sont séparées par une matière gélatineuse qui leur forme également une sorte d'enveloppe générale ou cuticule. Les deux figures représentent le même objet, vu de côté, de façon à montrer la base par laquelle il adhérait à l'épiderme, et vu d'en haut. Diamètre de ce jeune *Atichia*, 0mm,023; dimensions de ses cellules composantes, 0mm,005 à 0mm,0062 (toutes les figures grossies 500 fois.)

Fig. 10. — Une série de jeunes *Atichia* à un grossissement beaucoup plus faible :

a) La plante est encore régulièrement arrondie.

b) Elle commence à se développer irrégulièrement; en *b*', les cellules constituantes à cette période de développement. Elles se reproduisent par bourgeonnement et ont déjà des dimensions plus considérables qu'en *d*, de la fig. 9, mais n'offrent pas encore les formes irrégulières qu'elles acquerront plus tard (*b*' gross. 500 fois).

c) *d*) La jeune plante se lobe et s'apprête à se diviser.

e) Jeune *Atichia* qui offre déjà la forme caractéristique de l'espèce. Entre ce stade et la fig. 4 il n'y a qu'un pas (toutes ces figures grossies 125 fois; *b*', 500 fois).

Fig. 11. — Un fragment d'*Atichia*, coupé verticalement et présentant plusieurs apothécies du parasite en question. Trois de ces apothésies sont adultes; la quatrième est encore extrêmement jeune (gross. 50 fois).

Fig. 12. — Une portion d'une des apothécies précédentes à un fort grossissement. L'excipulum est formé par une couche simple ou double de cellules isodiamétriques colorées en brun, desquelles on voit partir des filaments mycéliaux plus ou moins colorés, pour la plupart hyalins, qui se ramifient et parcourent le stroma de l'*Atichia*. L'hypothécium est formé d'une couche mince de tissu à éléments indistincts. Les thèques renferment six spores (gross. 500 fois).

Fig. 13. — Quelques spores; deux d'entre elles sont finement divisées en deux loges (gross. 800 fois).

Fig. 14. — Les stérigmates du même parasite avec leurs spermacies (gross. 1000 fois).

Fig. 15. — On voit dans cette figure, à un grossissement considérable, trois des spores figurées plus haut qui se sont fixées à la surface de l'*Atichia*, et ont émis chacune, par leur extrémité adhérente, un filament-germe que l'on peut suivre assez loin dans l'intérieur de la plante nourricière. Les cellules de cette dernière semblent être assez profondément altérées (gross. 1200 fois).

Fig. 16. — Une portion du tissu d'un *Atichia*, infesté par le parasite décrit précédemment. Outre les spores placées à la surface de la plante et les filaments-germes qu'elles émettent et qui pénètrent dans l'intérieur du stroma, on aperçoit dans celui-ci un amas globuleux formé par ces corpuscules

bizarres que représente la figure suivante à un fort grossissement. Le tissu de l'*Atichia* est profondément altéré par la présence de ces organismes étrangers (gross. 300 fois).

Fig. 17. — Plusieurs des corpuscules provenant de l'amas globuleux que l'on voit dans la figure précédente. Ils se composent d'un corps arrondi et de quatre cils fort longs, raides et arqués (gross. 800 fois).

Nœtrocymbe fuliginea Kbr. (fig. 18-22).

Fig. 18. — Port de la plante. Elle croît sur un rameau de tilleul (gross. 10 fois).

Fig. 19. — Coupe perpendiculaire à la surface extérieure. Le stroma montre quelques lacunes ; à sa base on voit des fragments des couches superficielles de l'écorce. La coupe a ouvert trois apothécies, dont l'une a déjà perdu son hymenium et est aplatie (gross. 50 fois).

Fig. 20. — Coupe mince représentant une apothécie et le stroma sous-jacent. La nature pseudo-parenchymateuse de ce dernier est tout à fait évidente (gross. 220 fois).

Fig. 21. — Les spores à différents degrés de développement ; on voit qu'elles s'accroissent à mesure qu'elles se cloisonnent et deviennent plus âgées (gross. 480 fois).

Fig. 22. — Un fragment du stroma très-grossi ; ses cellules ne contiennent qu'une gouttelette d'apparence huileuse (gross. 400 fois).

Myriangium Duriæi, Mnt. et Berk.

Fig. 23. — La plante, de grandeur naturelle, sur un fragment d'écorce; d'après un échantillon de la collection Lindig.

Fig. 24. — L'un des individus représentés dans la figure précédente, dessiné à un grossissement de cinq diamètres. En haut sont des apothécies adultes et complétement étalées ; au-dessous se voient de jeunes fruits arrondis qui s'ouvrent par une fente radiée; enfin, à la circonférence rayonnent les lobes du stroma.

NB. Le rebord des apothécies paraît un peu plus saillant qu'il n'est en réalité.

Fig. 25. — Coupe verticale d'un individu peu développé, d'après la plante italienne. Le stroma repose sur l'épiderme. La cuticule est exfoliée et enlevée de sa position normale. A gauche, une apothécie adulte de moyennes dimensions ; à droite, une en *a*, qui est encore fort jeune et où le tissu thécifère est renfermé dans l'épaisseur du stroma (gross. 30 fois).

Fig. 26. — Un très-jeune *Myriangium* qui est encore à moitié recouvert par la cuticule sous laquelle il s'est développé. A gauche, un lambeau de cette membrane a été soulevé; à droite, elle a été refoulée. Les différentes couches d'épaississement des cellules épidermiques sont disjointes et ont pris une teinte foncée. Le fungus ne pénètre cependant pas plus profondément. A cette époque, sa structure pseudo-parenchymateuse est beaucoup plus apparente que plus tard. Dans chacune des cellules se trouve un petit globule d'apparence huileuse. D'après la plante italienne, croissant sur un *Nerium* (gross. 120 fois).

Fig. 27. — Une apothécie, d'après la plante américaine. En haut, le tissu thécifère sur la ligne médiane ; sur les côtés, les bords de l'excipulum ; en bas, le stroma avec la zone corticale à cellules allongées de dehors en dedans ; vers la partie moyenne, la zone de tissu générateur à cellules beau-

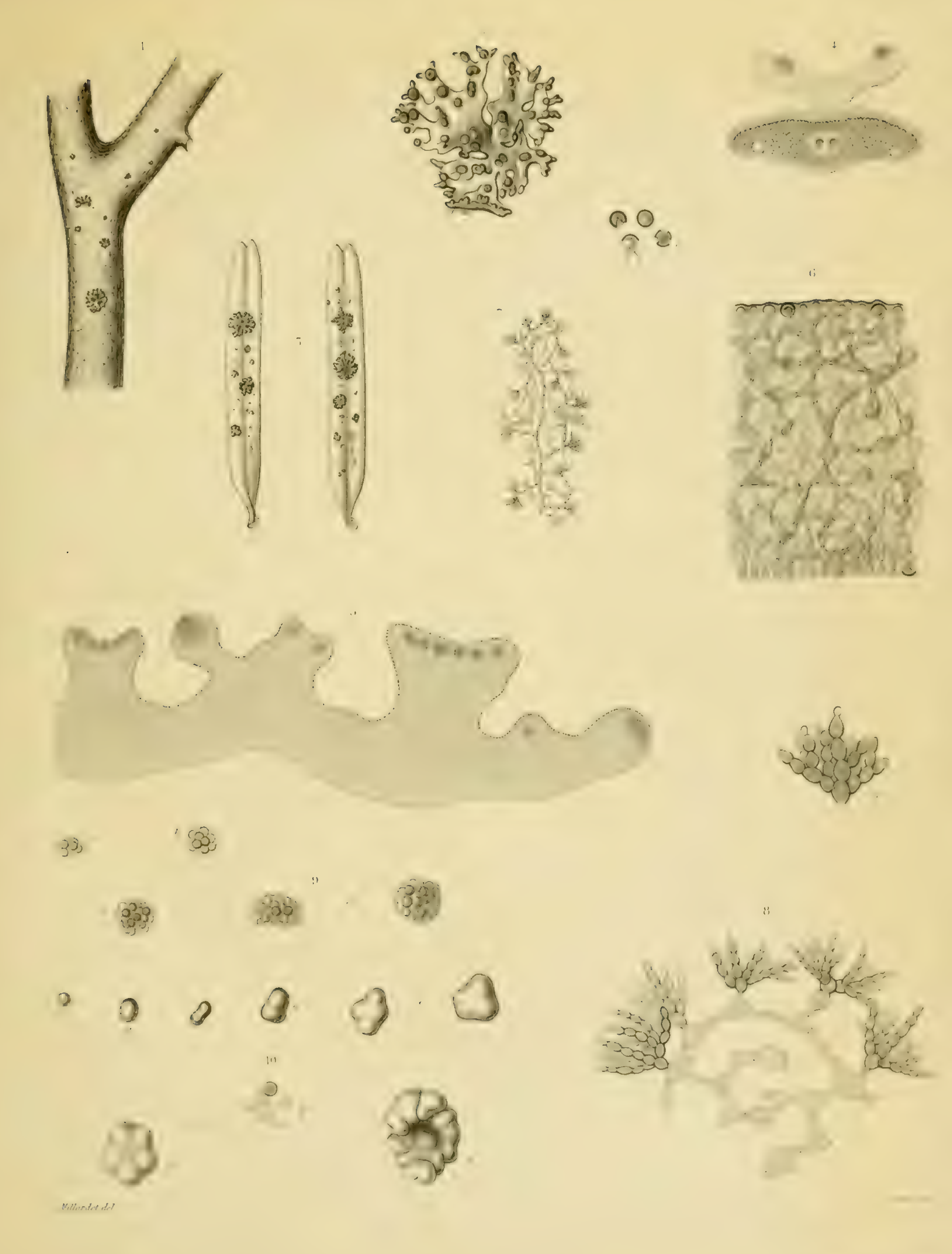
coup plus petites, au milieu desquelles les thèques prennent naissances et se développent de bas en haut. Le tissu générateur a la forme d'une calotte concave supérieurement (gross. 100 fois).

Fig. 28. — Un fragment d'une coupe semblable; le contenu des thèques seul a été figuré. A la base, le tissu du stroma formé de cellules polygonales à parois colorées en brun. En *a*, la calotte de tissu générateur qui remonte à peine jusqu'en *b*. Dans ce tissu, les jeunes thèques, à contenu très-réfringent et d'abord à peine plus grosses que les cellules ambiantes. A leur face interne se dispose une couche secondaire de matière cellulaire, qui devient de plus en plus épaisse et se gonfle considérablement sous l'action de l'eau. Un peu plus haut que *a* se voit une thèque qui, en grossissant, a refoulé et désagrégé les cellules voisines. Le tissu placé entre les thèques se développe successivement dans la même mesure que ces dernières (gross. 300 fois).

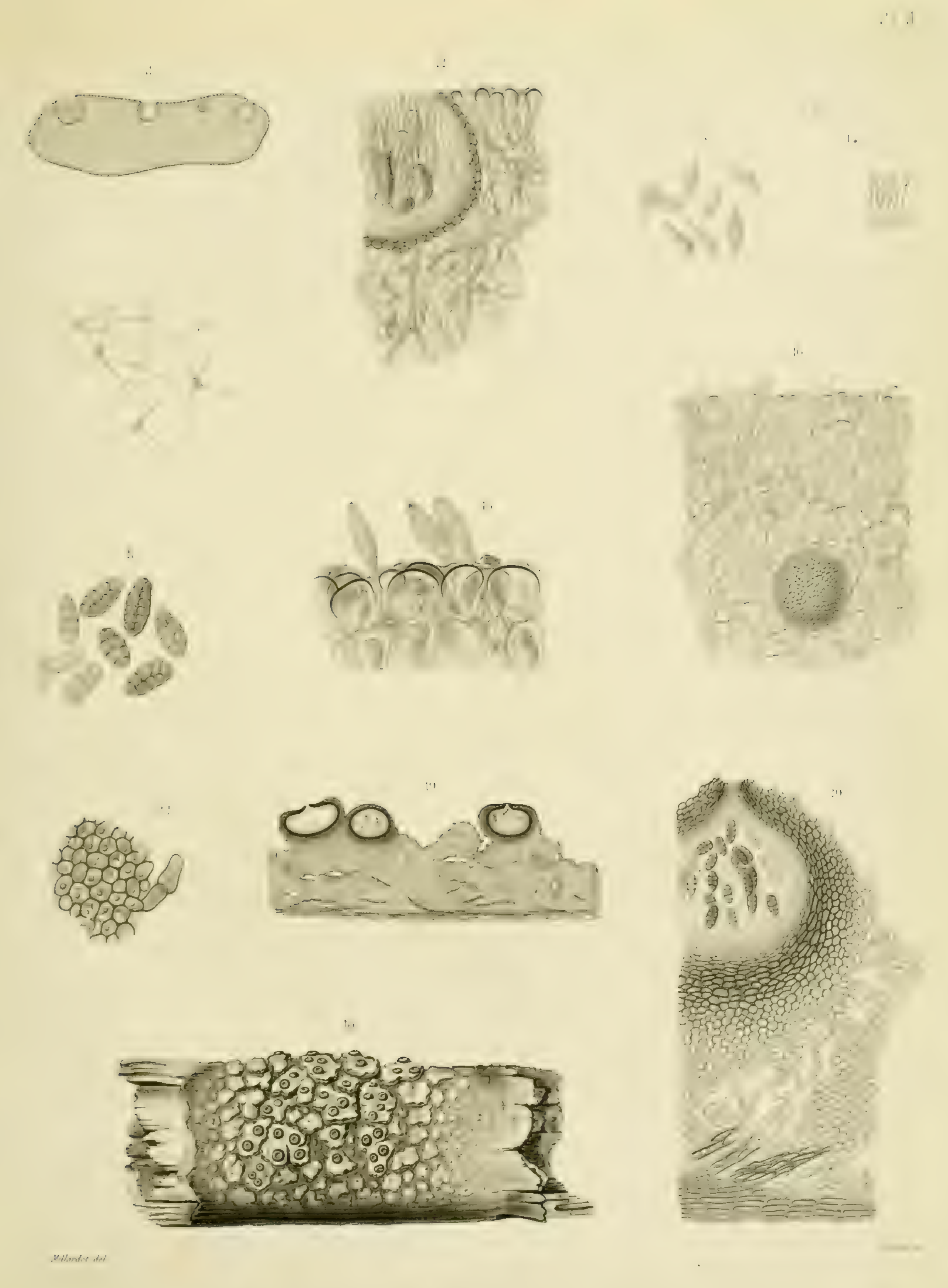
Fig. 29. — *a*) Spores adultes; deux sont entourées d'un exosporium mucilagineux (gross. 350 fois). *b*) Une thèque rompue par la pression : l'endothèque se sépare de la couche externe ou membrane primaire. Dans son intérieur se trouvent huit spores (gross. 250 fois environ).

Toutes les figures, à part la 25e et la 26e, sont dessinées d'après les exemplaires de la collection Lindig.

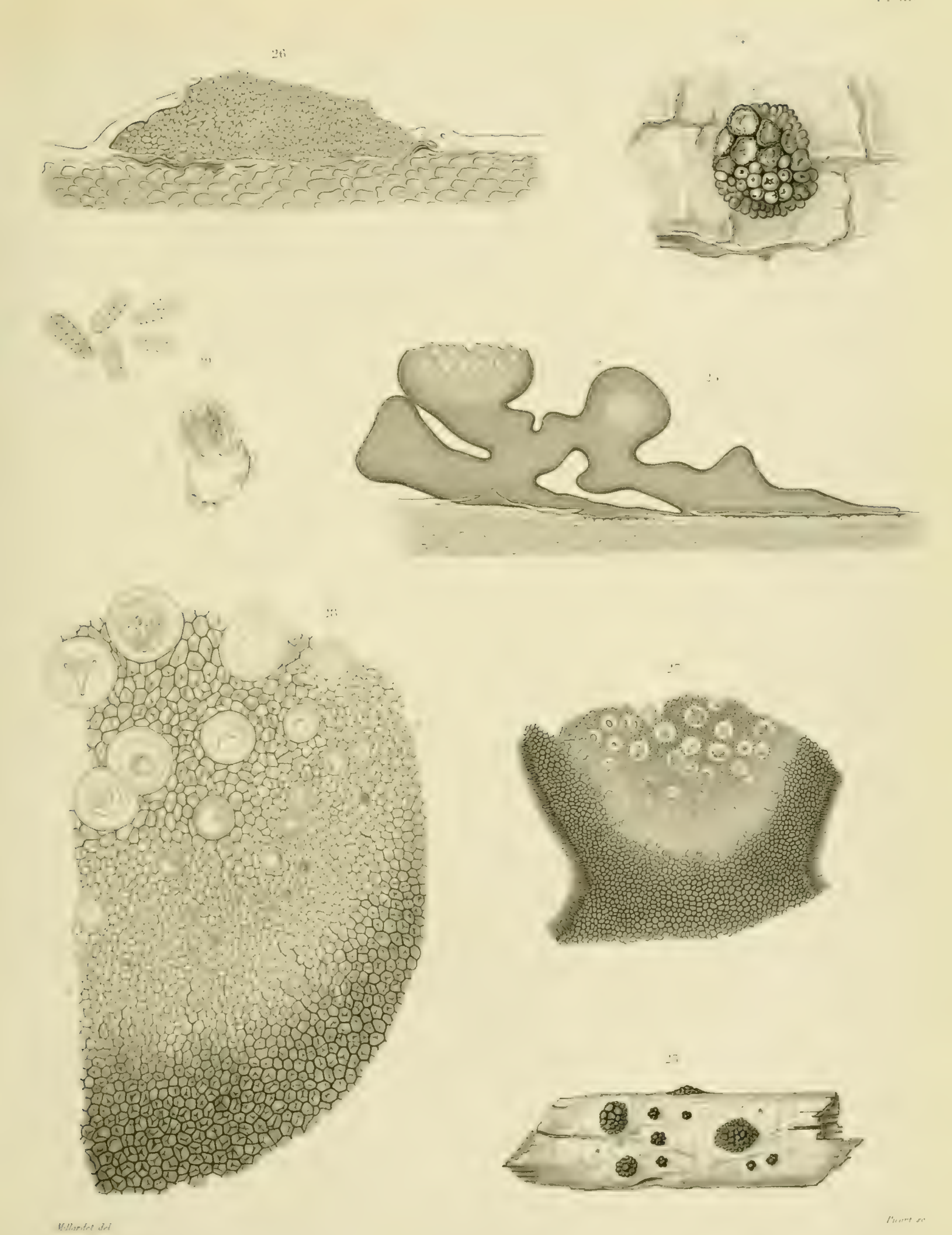
STRASBOURG, TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN.



1-10 ATICHIA Mosigu FW



11–17. ATICHIA Mosigii FW   18–22. NAETROCYMBE fuliginea KBR



23–29 MYRIANGIUM Duriaei MTG.

ÉTUDES

SUR LA MATIÈRE COLORANTE

DES

PHYCOCHROMACÉES ET DES DIATOMÉES

PAR

M. G. KRAUS

PRIVATDOCENT A L'UNIVERSITÉ DE WURZBOURG

ET

M. A. MILLARDET

MEMBRE DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES

Les auteurs de ce travail auraient désiré le compléter et présenter au public scientifique une monographie plus parfaite du nouveau pigment qu'ils ont découvert; mais, forcés par les circonstances de se séparer, ils ont dû publier ce qui était fait tel quel, se réservant de revenir, l'un ou l'autre, sur les questions qu'ils n'ont pu qu'effleurer dans cette étude.

PHYCOCHROMACÉES.

Nägeli[1] a donné le nom de *phycochrome* à cette matière colorante d'un bleu verdâtre que l'on observe dans beaucoup de plantes inférieures, notamment chez les Oscillarinées, les Nostoccacées et les Collémacées. Ce nom représentait jusqu'à ces derniers temps un pigment parfaitement simple, et l'on avait perdu de vue les observations plus anciennes de Kützing[2], qui y avait indiqué la présence de deux prin-

[1] *Gattungen einzelliger Algen*, p. 7.

[2] Voy. Nägeli, *op. cit.*, p. 7 et 8.

cipes colorants; l'un bleu, soluble dans l'eau, qu'il avait nommé *phycocyane;* l'autre consistant en chlorophylle ordinaire.

En 1867, Cohn revint sur cette question dans un mémoire qui, outre les plantes nommées plus haut, embrasse encore les Floridées[1].

Presque en même temps que son mémoire, parut, dans la *Botanische Zeitung*, un travail de M. Askenasy sur le même sujet[2].

Ces deux observateurs s'accordent à reconnaître l'exactitude des faits observés par Kützing. Le phycochrome n'est plus pour eux un pigment simple, mais se compose d'une matière colorante, soluble dans l'eau *a*, et de chlorophylle, soluble dans l'alcool *b*.

a) Si l'on traite par l'eau, à froid, une plante pourvue de phycochrome, on obtient une liqueur qui est, par transparence, tantôt d'un beau bleu, *Spirulina versicolor* Cohn, *Collema plicatile*, *Oscillaria antliaria* Askenasy, tantôt d'un rouge vineux, *Peltigera canina* Askenasy. Cette liqueur offre une fluorescence des plus énergiques en rouge carmin (*Spirulina versicolor*), rouge grenat (*Collema plicatile*), rouge orangé (*Peltigera canina*).

Ce principe colorant, auquel Cohn a conservé le nom primitif de *phycocyane* donné par Kützing, offre des propriétés optiques assez tranchées. La plus générale, outre la fluorescence extrêmement énergique qui vient d'être signalée, est celle d'absorber fortement les rayons lumineux de la partie moyenne du spectre, depuis le milieu du rouge jusque vers le commencement du vert. Toutefois il est impossible de donner une règle générale pour toutes les variétés de phycocyane, l'étendue et la situation des raies d'absorption dépendant à un haut degré de la couleur de la solution, couleur que l'on a vu varier dans certaines limites.

Ces deux observateurs s'accordent également sur les propriétés chimiques principales de la phycocyane. Les acides sulfurique et chlorhydrique la précipitent en flocons colorés comme la solution.

La potasse et l'ammoniaque la précipitent sous forme de gelée à peu près incolore; le précipité n'est pas soluble dans un excès de réactif.

L'alcool la précipite sans la décolorer.

Une chaleur de 56 à 60° C. trouble la solution; par l'ébullition il s'y forme des flocons d'abord colorés qui se décolorent peu à peu.

[1] Cohn, *Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen u. Florideen* (Schultze, *Archiv für mikroskopische Anatomie*, Bd. III, Heft I).

[2] Askenasy, *Beiträge zur Kenntniss des Chlorophylls und einiger dasselbe begleitender Farbstoffe* (*Bot. Zeit.*, Juli 1867).

La solution de phycocyane abandonnée à elle-même ne tarde pas à fermenter; elle se trouble et exhale une odeur désagréable.

Telles sont les principales propriétés de la phycocyane[1].

b. Suivant les deux auteurs que nous avons cités, le phycochrome contient, outre le pigment précédent, de la chlorophylle, laquelle ne se distinguerait de la chlorophylle ordinaire ni par ses propriétés optiques ni par ses réactions chimiques. On va voir qu'il en est tout autrement.

Pour préparer cette solution de chlorophylle, il suffit de faire sécher le résidu qui a abandonné à l'eau toute sa phycocyane et de le traiter par l'alcool concentré. La liqueur que l'on obtient ainsi au bout de quelque temps présente, il est vrai, une couleur verte, mais d'un vert olive et non de la belle teinte émeraude de la chlorophylle pure ; de plus, lorsqu'on la filtre, on voit que les bords du papier se colorent en jaune, tandis que la coloration verte ne s'étend pas aussi loin. Ces deux faits devaient faire supposer que la liqueur verte, outre la chlorophylle, contient une autre substance colorante.

C'est en effet ce qui a lieu et rien n'est plus facile que d'isoler les deux pigments : il suffit, pour cela, de verser dans un tube à essai, avec une certaine quantité de la solution alcoolique dont nous venons de parler, deux fois le même volume de benzine et d'agiter fortement quelques secondes, pour voir par le repos l'alcool se colorer

[1] Dans une série d'expériences assez nombreuses, les auteurs de ce mémoire ont eu l'occasion de vérifier l'exactitude des observations qui viennent d'être brièvement résumées. Ils ont constaté en outre la présence de la phycocyane dans quelques autres plantes, savoir :

Pannaria rubiginosa, *Pannaria brunnea*. Solution très-peu colorée, jaune brunâtre; fluorescence rouge orangé.

Stictina sylvatica. Solution très-colorée de teinte bleu bronzé ; fluorescence rouge brique.

Il est à remarquer que le *Sticta pulmonacea* ne contient pas de phycocyane.

Collema cheileum. Solution d'un beau bleu ; fluorescence rouge carminé.

Oscillaria limosa Roth. Solution d'un bleu indigo magnifique ; fluorescence en rouge carminé très-vif, ressemblant beaucoup à celle de la chlorophylle.

Nostoc commune. Solution bleu de ciel ; fluorescence rouge orangé.

La lumière n'exerce pas une action très-marquée sur la phycocyane. Une solution de cette substance, tirée du *Peltigera canina* et placée pendant quatre jours (mai) en plein soleil, n'a pas éprouvé de changement appréciable de coloration.

Ainsi que l'ont fait remarquer les observateurs cités, la solution de phycocyane est excessivement altérable. On peut cependant la conserver pendant des mois, en ajoutant à cette solution concentrée un volume égal de glycérine. Des solutions de phycocyane d'*Oscillaria limosa* et de *Stictina sylvatica* se sont conservées du 1er septembre jusqu'au 1er juin, sans subir la moindre altération, et peuvent être employées pour la démonstration avec le même avantage que le premier jour. La nuance de la fluorescence est seule un peu altérée. Dans les deux cas cités, elle est un peu plus orangée que dans la solution aqueuse.

en jaune d'or, et la benzine prendre la teinte vert émeraude qui est celle de la chlorophylle pure.

C'est ce nouveau pigment jaune qui fait le sujet de ce travail ; il sera par la suite désigné sous le nom de *phycoxanthine*[1].

La *phycoxanthine* peut se préparer de différentes façons; c'est au moyen de l'*Oscillaria limosa*, qui forme fréquemment, dans les fossés boueux, une couche verte, assez épaisse, que les auteurs de ce travail purent en obtenir le plus facilement de grandes quantités.

La méthode de préparation est fort simple : on recueille aussi proprement que possible une certaine quantité d'Oscillaires au moyen d'une spatule, puis, après en avoir écarté par des lavages successifs et des décantations répétées la plus grande partie du limon et des autres impuretés qui accompagnent toujours ces plantes, on les déssèche soigneusement à une température de 30 à 40° C. La dessication achevée, les Oscillaires sont mises dans quatre à cinq fois leur volume d'alcool à 36°, où on les laisse digérer pendant quelques jours. La dissolution de leur pigment se fait extrêmement vite ; après quelques heures, l'alcool est déjà coloré en vert d'une manière assez intense.

Au bout de quelques jours, lorsque l'alcool est bien saturé, on filtre la solution et l'on verse dans celle-ci de deux à trois fois son volume de benzine pure. Il est indispensable de se servir d'alcool à 36°, car dans ce cas les deux liquides ne se mélangent pas, ce qui arriverait si l'on avait employé de l'alcool absolu. Le tout, placé dans un flacon, est fortement agité pendant une minute ou deux, puis on laisse reposer. La *phycoxanthine* étant plus soluble dans l'alcool que la chrorophylle, y reste dissoute, tandis que la benzine s'empare de la chlorophylle. Après décantation, on traite la solution alcoolique par une nouvelle quantité de benzine, on agite de nouveau, on laisse reposer, puis on décante, et l'on répète cette opération jusqu'à ce que la benzine ne se colore plus en vert. La solution alcoolique est alors évaporée à siccité à une chaleur de 40° C. et à l'abri de la lumière; le résidu est formé par de la *phycoxanthine* et quelques matières salines.

Cette méthode a permis de préparer plusieurs litres de solution concentrée de *phycoxanthine*.

[1] Nägeli (*Gattungen einzelliger Algen*) a appliqué ce mot à la variété jaune de phycochrome que l'on trouve chez certaines Nostoccacées et Collémacées, tandis qu'il désignait sous le nom de *phycocyane* le phycochrome de nuance bleue, que nous offrent la plupart de ces mêmes plantes. Comme ce dernier terme a été rendu à la signification que lui avait primitivement donnée Kützing, il n'y a aucun inconvénient à appliquer au nouveau pigment dont il est question dans cette note, le nom de *phycoxanthine*, qui actuellement ne désigne plus un principe colorant défini.

Revenons un instant à la solution alcoolique verte obtenue directement par digestion des Oscillaires, ou solution double de chlorophylle et de *phycoxanthine;* nous parlerons ensuite de cette dernière en particulier.

Cette solution concentrée, vue en couche mince, à la lumière transmise, offre une coloration d'un vert olive extrêmement foncé; en couche épaisse, elle est d'un rouge sombre; à la lumière réfléchie elle présente une fluorescence d'un beau rouge, qui ne semble pas différer, à première vue, de la fluorescence de la chlorophylle. Le manque d'instruments assez parfaits a jusqu'ici empêché des recherches plus exactes sur ce point délicat.

On conçoit comment Cohn et Askenasy ont pu croire n'avoir affaire qu'à une solution de chlorophylle pure. Toutefois il est probable que l'emploi du spectroscope peut amener à y reconnaître la présence d'un pigment étranger; c'est ce qui semble ressortir de la comparaison des fig. 1 et 9 du Mémoire cité d'Askenasy. La fig. 1 donne le spectre d'une solution de chlorophylle normale ou à peu près [1]; la fig. 9 celui d'un mélange de chlorophylle et de *phycoxanthine* [2]. On voit dans ce dernier des différences notables dans la position et surtout l'intensité relative des raies d'absorption, si on le compare au premier.

La *phycoxanthine* la plus pure qu'il ait été possible d'obtenir par l'évaporation à une chaleur de 40° C. de la solution alcoolique complétement dépouillée de chlorophylle, se présente sous forme d'un enduit visqueux amorphe, couleur de terre de Sienne sous une certaine épaisseur. Elle ne s'y dépose pas d'une manière uniforme, mais figure le plus souvent des sortes de dessins dendritiques qui, à un faible grossissement, se montrent formés de gouttelettes agglutinées d'une façon irrégulière. Son odeur rappelle celle de l'urine et est assez pénétrante. Sa formule chimique est encore inconnue. Si on la brûle dans une capsule de porcelaine surchauffée, elle exhale une odeur semblable à celle que donne la chlorophylle dans les mêmes circonstances, odeur que l'on peut comparer à celle que produit la graisse en se carbonisant. Ce fait est remarquable, car par cette propriété, comme par bien d'autres, la *phycoxanthine* se rapproche beaucoup de la chlorophylle, et comme il n'est pas certain, malgré toutes les analyses qu'on en a faites, que cette dernière renferme de l'azote [3], la même conclusion doit s'appliquer à la *phycoxanthine.*

Dans l'eau, la *phycoxanthine* se gonfle, mais ne se dissout pas. Si l'on suit ce phénomène au microscope, on voit les gouttelettes irrégulières dont elle se compose se

[1] Il n'est pas impossible qu'elle contienne quelque substance colorante étrangère, le *Mercurialis* avec lequel elle a été préparée développant une notable quantité de matière colorante bleue.

[2] En effet, le *Peltigera canina* contient aussi de la phycoxanthine.

[3] Sachs, *Handbuch der Experimental-Physiologie*, p. 335-336.

gonfler considérablement, puis envoyer dans toutes les directions des prolongements filants, vermiformes, contournés de la façon la plus capricieuse.

Dans l'acide sulfurique concentré elle prend d'abord une coloration vert sale, puis bleu intense, et se dissout dans ce réactif en le colorant en bleu. Cette coloration a été depuis longtemps signalée par Clamor-Marquart comme caractéristique de la chlorophylle [1].

La même réaction se produit avec l'acide chlorhydrique concentré.

Exposée à l'influence de la lumière, elle se colore très-vite et se change en une matière jaunâtre, que les acides sulfurique et chlorhydrique colorent en rouge brun intense.

La chlorophylle décolorée par l'exposition au soleil se comporte absolument de la même façon.

Abandonnée à elle-même, à l'abri de la lumière, la *phycoxanthine* se transforme lentement en une matière brune insoluble dans l'alcool et la benzine et n'offrant plus avec les acides de coloration caractéristique.

L'alcool absolu et étendu la dissout très-facilement; si l'on y ajoute de l'eau, même en très-grande quantité, elle ne se précipite pas sous forme de gouttelettes, comme la chlorophylle.

La benzine et l'éther la dissolvent facilement aussi, mais en moins grande quantité que l'alcool.

Le sulfure de carbone la dissout également; la solution est plus foncée que les précédentes.

La solution alcoolique offre une odeur légèrement urineuse. Vue par transparence, elle est d'un jaune d'or en couche mince; sous une grande épaisseur, elle offre une coloration rouge brique ou rouge un peu brunâtre.

Cette solution présente une fluorescence énergique presque semblable à celle de la chlorophylle; la teinte en est cependant moins rutilante, la fluorescence de la chlorophylle étant d'un rouge carminé très-intense, semblable à la couleur du sang artériel, celle de la *phycoxanthine* est d'un rouge brique.

Exposée à la lumière, la solution alcoolique de *phycoxanthine* se décolore plus rapidement encore que celle de chlorophylle. Au mois de juin, il suffit de l'exposer une demi-journée à la lumière solaire directe pour la transformer en un liquide à peine coloré en jaune verdâtre. La décoloration n'est jamais aussi complète que pour la solution de chlorophylle. Tandis que la solution normale se colore en bleu intense par l'addition d'un volume égal des acides sulfurique et chlorhydrique concentrés, cette

[1] D'après Mohl, *Vermischte Schriften*, p. 380.

solution décolorée offre, sous l'influence de ces mêmes réactifs, une coloration rouge brun très-intense. La solution décolorée de chlorophylle offre exactement les mêmes propriétés.

Ainsi qu'il vient d'être dit, les acides sulfurique et chlorhydrique concentrés colorent la solution de *phycoxanthine* en vert sale, qui passe au bleu intense à mesure que l'on ajoute une nouvelle quantité d'acide. Il n'y a pas d'abord de décoloration bien appréciable de la solution comme pour la chlorophylle[1]. Ainsi que pour cette substance, la liqueur bleue produite par les acides peut être ramenée au jaune par la potasse et prend de nouveau naissance si l'on verse une nouvelle quantité d'acide[2].

Cette solution alcoolique s'altère à la longue; au bout de quatre mois, quoique conservée dans l'obscurité, elle avait pris une teinte plus brune et n'offrait plus qu'une fluorescence beaucoup plus faible. Elle avait de plus donné naissance à un dépôt pulvérulent noirâtre, paraissant au microscope formé de gouttelettes brunes qui, par l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique concentrés, n'offraient plus de coloration caractéristique. Cette même solution traitée par l'acide sulfurique concentré ne se colorait plus en bleu aussi caractérisé que la solution fraîche, mais en brun bleuâtre.

La potasse et l'ammoniaque n'altèrent pas d'une façon appréciable la solution alcoolique fraîche de *phycoxanthine*. Les mêmes réactifs se comportent d'une façon analogue avec la chlorophylle[3].

La teinture d'iode n'offre pas de réaction sensible.

Enfin, mise en digestion avec l'hydrate d'alumine, la solution alcoolique de *phycoxanthine* lui abandonne, comme celle de la chlorophylle, la plus grande partie de

[1] Voy. Micheli, *Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle* (*Arch. des sciences de la Bibliothèque universelle de Genève*, mai 1867).

[2] La matière colorante bleue ou acide phyllocyanique de Frémy ne préexiste évidemment pas dans la phycoxanthine, mais s'y forme sous l'influence des acides sulfurique et chlorhydrique concentrés. Ce fait amène à penser qu'il en est de même pour la chlorophylle; que là aussi cet acide phyllocyanique est un produit artificiel. M. Micheli a montré, en effet (Mém. cité, p. 11), que sous l'influence de ces acides la solution de chlorophylle se décolore d'abord, en prenant une coloration jaunâtre, lorsque la quantité d'acide est très-faible, et que cette coloration passe au bleu lorsque la quantité d'acide est augmentée. Ce fait est parfaitement juste. On s'explique ainsi comment l'expérience si connue de Frémy présente rarement la netteté désirable. L'acide est-il trop faible ou en trop petite quantité, on n'a que quelques gouttes d'acide phyllocyanique pour une grande quantité de liquide jaune; l'acide est-il, au contraire, ou très-concentré ou en grande quantité, le résultat de l'expérience est tout opposé.

Un fait péremptoire, c'est que si l'on décante le liquide jaune, on peut, en le traitant successivement par de nouvelles doses d'acide sulfurique, produire chaque fois une nouvelle quantité d'acide phyllocyanique, jusqu'à ce que la liqueur jaune soit complétement décolorée.

[3] Micheli, Mém. cit., p. 16.

son principe colorant, en formant une laque d'un jaune verdâtre; mais on a beau ajouter de nouvelles quantités d'hydrate d'alumine, la solution ne se décolore pas presque complétement comme celle de chlorophylle. Le liquide reste toujours coloré en vert très-clair; il offre une odeur très-forte, analogue à celle des amandes amères, et ne bleuit ni par l'acide sulfurique ni par l'acide chlorhydrique. La *phycoxanthine* semble donc ne pas être un produit absolument pur.

L'action de l'hydrate de baryte sur la solution de *phycoxanthine* fraîche ne paraît pas donner lieu à la réaction caractéristique que présente la chlorophylle sous l'influence du même réactif. Cette réaction, qui a été signalée pour la première fois par Frémy[1], a toujours réussi aux auteurs du présent travail avec la chlorophylle. Essayée une seule fois avec de la *phycoxanthine* fraîche, elle n'a pas donné de résultat bien net.

L'oxygène et l'hydrogène produits par la décomposition de l'eau au moyen de la pile sont demeurés sans action immédiate sur la solution de *phycoxanthine* dans la benzine. Au bout de quinze jours, la solution placée dans l'éprouvette à oxygène avait pris une couleur verdâtre; malheureusement l'action de l'hydrogène ne put être constatée comparativement, la seconde éprouvette ayant été brisée au bout de quelques jours.

Enfin, l'ébullition n'altère que très-lentement la solution de *phycoxanthine.*

Telles sont les principales propriétés de ce nouveau pigment; ses caractères physiques le distinguent également d'une façon très-nette des autres substances colorantes d'origine végétale et indiquent, ainsi que les caractères chimiques qui viennent d'être énumérés sommairement, une grande affinité pour la chlorophylle.

Nous avons déjà dit qu'en couche mince la solution alcoolique fraîche de *phycoxanthine* est d'un beau jaune d'or; en couche plus épaisse, elle se distingue de la chlorophylle par une décroissance plus prompte du vert et par l'apparition très-tardive d'une bande d'absorption extrêmement faible entre les raies C et D de Frauenhofer. En couche très-épaisse, elle ne laisse plus passer que les rayons jaunes voisins de la raie D et les rouges compris entre *a* et B; de là sa couleur rouge brique sous une grande épaisseur. La chlorophylle offre, dans les mêmes conditions, une teinte rouge pur due à ce qu'elle ne laisse passer que les rayons rouges voisins de la raie B.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, la solution de *phycoxanthine* offre une fluorescence extrêmement énergique de couleur rouge brique. On s'en assure en faisant tomber perpendiculairement sur la surface de la solution, placée dans un vase en quantité suffisante pour y former une couche de six à huit centimètres d'épaisseur, un faisceau mince de rayons solaires concentrés au moyen d'une lentille. Si l'on ana-

[1] *Comptes rendus*, 1865.

lyse avec un prisme la lumière renvoyée par le liquide, on trouve qu'elle fournit un spectre secondaire composé comme le spectre secondaire de la solution de chlorophylle de presque tous les rayons du spectre solaire[1]. Mais ici encore ce sont les rayons rouges et jaunes qui dominent, tandis que dans la chlorophylle ce sont plus particulièrement les rouges.

La fluorescence si caractéristique de la *phycoxanthine* permet de la distinguer facilement d'une autre matière colorante jaune, dont les propriétés encore incomplétement étudiées témoignent cependant d'une assez grande affinité pour la chlorophylle. Cette substance colorante se trouve surtout dans les fleurs et les fruits; on lui a donné le nom d'*anthoxanthine*. Elle est également soluble dans l'alcool, et sa solution offre quelquefois une teinte assez semblable à celle de la *phycoxanthine;* mais ainsi que M. Hofmeister l'a déjà fait remarquer, elle ne présente aucune fluorescence[2].

On doit s'attendre à retrouver la *phycoxanthine* dans toutes les plantes pourvues de *phycochrome;* jusqu'à présent, sa présence n'a été constatée que dans les genres suivants:

Oscillaria (*Os. limosa* Roth), *et alt. spec.; Calothrix* (*C. confervicola* Ag.); *Nostoc* (*N. commune*); *Collema* (*C. cheileum*); *Peltigera* (*P. canina*); *Stictina* (*S. sylvatica*), enfin, dans les *Diatomacées*.

DIATOMACÉES.

De même que le pigment des Phycochromacées a été regardé pendant longtemps comme une matière colorante simple et particulière à ces plantes, de même celui des Diatomées passe jusqu'à présent pour être d'une nature tout à fait spéciale et n'a encore été signalé dans aucun autre groupe d'êtres organisés.

Nägeli, qui l'étudia un des premiers, lui donna le nom de *diatomine*[3]. Il en décrivit les réactions avec soin et le regarda comme une matière colorante simple et différente de celles qu'on connaissait jusqu'alors.

Cependant, plusieurs années avant la publication du travail de Nägeli, Kützing avait, de même que pour les Phycochromacées, reconnu en partie la nature véritable du pigment des Diatomées. On lit, en effet, p. 23, dans son ouvrage sur les Bacillaires[4] : «La substance gonimique (endochrome) des Diatomées est, à la vérité, colo-

[1] Voy. Pierre, *Beiträge zur genauen Kenntniss der Fluorescenz-Erscheinungen* (in *Sitzungsbericht der kaiserlichen Academie der Wissenschaften*. Bd. LIII, Heft V. 1866, pl.).

[2] *Handbuch der physiolog. Botanik*, t. I, p. 377.

[3] *Op. cit.*, p. 9.

[4] *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. 1844.

« rée en jaune brunâtre, mais chez quelques Diatomées (surtout chez les *Melosira* « d'eau douce) elle devient verte par la dessication. L'acide chlorhydrique change « également cette couleur en un beau vert, et l'alcool extrait de ces plantes, fraîches « ou desséchées, en un pigment vert qui se comporte tout à fait comme de la chlo- « rophylle. »

Malheureusement cette assertion ne reposait pas sur des preuves suffisantes; l'existence de la chlorophylle dans ces plantes, niée bientôt par Meneghini [1], ne tarda pas à être révoquée en doute ou oubliée par tout le monde, et l'opinion de Nägeli a prévalu dans la science jusqu'à aujourd'hui [2].

Il faut mentionner encore, pour compléter cette courte revue historique, qu'Askenasy, dans le Mémoire cité plus haut [3], a tenté l'analyse de la diatomine. Malheureusement les Diatomées qu'il a employées à cet effet n'étaient pas libres de plantes étrangères, notamment d'Oscillaires; aussi n'a-t-il donné le résultat de ses recherches qu'avec une certaine réserve. Il ressort cependant de son travail qu'il a effectivement préparé le pigment jaune ou *phycoxanthine* de ces plantes, mais dans un état évident d'impureté.

Deux analyses de diatomine faites, l'une en mai, l'autre en juillet, au moment par conséquent où les plantes étaient en pleine végétation, ont donné des résultats parfaitement concordants. D'après ces expériences, ce pigment se compose de chlorophylle et de *phycoxanthine* intimement unies.

Voici quelques détails sur le procédé qui a été mis en usage pour parvenir à la séparation de ces deux matières colorantes.

Les Diatomées furent d'abord finement broyées dans un mortier et traitées par l'eau à la température ordinaire, afin de s'assurer qu'elles n'abandonnent aucun principe colorant à ce liquide. Desséchées ensuite à l'air libre, elles furent placées dans l'alcool à 36°. Au bout de deux jours, elles lui avaient déjà donné une belle coloration vert sombre beaucoup plus intense qu'on n'aurait pu l'attendre d'après la quantité de Diatomées employées. Après huit jours, lorsque l'alcool fut bien saturé, on y versa de la benzine, et celle-ci se chargeant de la chlorophylle, la *phycoxanthine* fut mise en liberté. Les deux solutions furent analysées avec soin : l'une offrait toutes les propriétés de la chlorophylle ordinaire, l'autre celles de la phycoxanthine.

Il est difficile de retirer des Diatomées la totalité de la substance colorante; ce n'est qu'après un séjour de six mois dans l'alcool qu'elles se sont trouvées complète-

[1] D'après Pritchard, *History of Infusoria*, p. 499.

[2] *Das Mikroskop*, von C. Nägeli u. Schwendener. 1867, p. 499.

[3] Voy. p. 237.

ment décolorées. Les corpuscules du pigment prennent alors, avec la teinture d'iode, la teinte rouge brun caractéristique des substances albuminoïdes.

Il ne sera pas inutile de faire remarquer que les deux expériences précédentes ont été faites avec des Diatomées parfaitement libres de toute plante étrangère. A la première servit une récolte où différentes espèces de *Navicula*, *Melosira*, *Synedra*, *Meridion*, se trouvaient réunies; ces plantes furent séparées du sable sur lequel elles croissaient, par des lavages et des décantations répétées. La seconde expérience porta sur une vingtaine de grammes de *Diatoma vulgare*, qui recouvrait les tiges dénudées d'un *Fontinalis* de ses longs filaments bruns. Aucune plante étrangère et même aucune autre espèce de *Diatoma* ne s'y trouvaient mélangées, et la préparation consista simplement à agiter vivement le *Fontinalis* dans un vase plein d'eau; les *Diatoma* se détachèrent et tombèrent au fond.

Ainsi qu'on le sait, à l'état frais, le pigment des Diatomées se présente sous forme de masses de figure variable, tantôt appliquées contre les parois de la cellule, tantôt concentrées vers son centre ou disséminées dans l'épaisseur des cordons de protoplasma qui la parcourent. La plupart du temps larges et irrégulières, ces masses offrent aussi souvent une forme arrondie qui rappelle les granules de chlorophylle des plantes supérieures. Leur couleur varie du jaune clair au brun, suivant les espèces, et dans la même espèce, suivant des influences qui ne sont pas encore déterminées. Ainsi le *Fragilaria virescens* Ralfs offre quelquefois la couleur jaune, mais le plus souvent une teinte vert sale, comme l'indique son nom spécifique. Cette dernière coloration dénote, suivant Pritchard, qu'il se trouve en pleine végétation.

Par la mort et la dessiccation, la diatomine passe généralement au vert plus ou moins clair; les acides faibles produisent le même effet; s'ils sont plus concentrés, le vert devient bleuâtre; très-concentrés, les acides sulfurique et chlorhydrique y déterminent une belle coloration indigo.

D'après ce qui précède on s'explique facilement ces divers changements de teinte. Il n'en est pas de même de la coloration verte que produisent instantanément l'alcool et la dessiccation, ainsi que la glycérine (celle-ci à la longue). Ces trois cas offrent cette circonstance commune que dans chacun d'eux la diatomine peut perdre une certaine proportion d'eau; peut-être par cette décomposition une certaine quantité de *phycoxanthine* est-elle métamorphosée en chlorophylle, dont la quantité absolue, augmentant, masque par sa couleur verte la couleur jaune de la *phycoxanthine*. Peut-être aussi n'y a-t-il dans ce phénomène qu'un simple changement moléculaire. Quoi qu'il en soit, ce fait est une nouvelle preuve à l'appui de la grande affinité de ces deux pigments.

L'étude des Diatomées nous révèle une nouvelle propriété de la *phycoxanthine*. Chez les Phycochromacées il eût été difficile, à raison de la petitesse de ces plantes et de l'exiguité encore plus grande de leurs organes élémentaires, de décider sous quelle forme s'y trouve la *phycoxanthine*: est-elle dissoute dans le liquide cellulaire, combinée au protoplasma, ou bien, comme la chlorophylle, imprègne-t-elle des granules de matière albuminoïde? La grosseur des corpuscules de pigment chez les Diatomées permet de répondre avec certitude que cette dernière supposition est la vraie; encore un nouveau trait de ressemblance entre les deux matières colorantes.

Ainsi, en résumé:

Le phycochrome des Algues et des Lichens n'est pas composé seulement de phycocyane et de chlorophylle, mais il renferme un troisième pigment de couleur jaune ou *phycoxanthine*.

La diatomine ou matière colorante des Diatomées se compose de deux matières colorantes, la *phycoxanthine* et la chlorophylle.

Les propriétés physiques, chimiques et morphologiques de la *phycoxanthine* montrent, chez cette substance, la plus grande affinité pour la chlorophylle.

On aurait dû depuis longtemps, connaissant la nature des gaz produits par la respiration des Diatomées[1], conclure à la présence de la chlorophylle chez ces plantes. La démonstration directe qui vient d'être faite de ce pigment est une nouvelle preuve à l'appui de cette vérité physiologique d'une si grande importance et que M. Sachs est le premier à avoir établie avec toute la rigueur d'une loi de physique végétale, à savoir que: « le protoplasma coloré en vert est, quelle que soit sa forme, l'organe de l'assi-« milation. Par son moyen se forment, aux dépens de l'eau et de l'acide carbonique, » les substances carbonées végétales, en même temps que de l'oxygène est mis en « liberté. C'est des rayons solaires que cet organe reçoit les forces nécessaires pour « vaincre l'affinité de l'oxygène pour le carbone et l'hydrogène[2]. »

La chlorophylle seule suffisant à rendre compte des phénomènes biologiques chez les Diatomées et les Phycochromacées, quel peut être le rôle de la *phycoxanthine?*

Il est impossible de répondre à cette question tant que des analyses chimiques très-exactes ne nous auront pas éclairés sur la composition de ces deux pigments, et que des expériences répétées n'auront pas montré leurs changements corrélatifs selon les diverses influences auxquelles les plantes sont exposées.

[1] Pritchard, *History of Infusoria*, *Desmidiaceæ and Diatomaceæ*, p. 58.

[2] *Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen*. Bd. IV, p. 319.

Une seule expérience a été faite jusqu'ici à ce propos. Des *Oscillaria limosa* furent placés, le 4 septembre, recouverte d'une cloche opaque, dans une armoire entièrement sombre : au 1er février elles offrent à peine quelques changements de coloration à première vue. Examinées comparativement à celles qui sont restées pendant le même temps sur une table auprès de la fenêtre, et ont joui par conséquent d'une lumière modérée, elles paraissent d'un vert beaucoup plus clair que ces dernières. A côté des individus encore bien portants et vigoureux s'en voient d'autres à des degrés divers de désorganisation et qui probablement ont cessé ou presque cessé de vivre ; ces derniers sont tout à fait jaunes. Ces changements viennent d'une variation dans les proportions relatives des deux pigments, la chlorophylle se détruisant plus facilement que la *phycoxanthine*, et ce qui est infiniment probable, d'après ce que l'on sait jusqu'ici sur le développement des diverses matières colorantes, la *phycoxanthine* augmentant à mesure que la chlorophylle diminue.

Ainsi la *phycoxanthine* se comporte, relativement à l'obscurité, comme le fait la chlorophylle dans les plantes inférieures en général, et résiste, comme cette dernière, très-longtemps à cette cause d'étiolement. D'après l'expérience précédente, non-seulement la *phycoxanthine* y résisterait plus longtemps que la chlorophylle, mais encore elle augmenterait en quantité à mesure que cette dernière diminue, et s'il était permis de tirer une conclusion d'un seul fait, on pourrait dire que, puisque sous l'influence de l'obscurité la *phycoxanthine* se développe aux dépens de la chlorophylle, celle-ci, sous l'influence des rayons solaires, se produit aux dépens de la précédente.

STRASBOURG, TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN.

DE LA

GERMINATION DES ZYGOSPORES

DANS LES GENRES

CLOSTERIUM ET STAURASTRUM

ET

SUR UN GENRE NOUVEAU D'ALGUES CHLOROSPORÉES

PAR

M. A. MILLARDET.

I.

Tant d'observateurs se sont occupés de la copulation des Desmidiées, qu'elle a été observée et décrite presque pour tous les genres ; il n'en est pas de même de la germination des zygospores. Les genres *Cosmarium*, *Cylindrocystis*, *Mesotænium* et *Genicularia* sont les seuls pour lesquels le mode de développement des premiers individus nés de la zygospore ait été établi d'une manière certaine[1] ; quant aux autres, il n'existe que des données insuffisantes ou visiblement erronées. Bien que l'on puisse s'attendre, dans une famille aussi homogène que les Desmidiées, à trouver une grande conformité dans le mode de germination des spores des différents genres, il ne me paraît pas superflu de communiquer ici le résultat de mes observations sur deux des types les plus intéressants : *Closterium* et *Staurastrum*. Ces recherches ont été faites pendant les mois de février et de mars de l'année 1867, à l'instigation de mon excellent maître, M. le professeur de Bary, qui a eu la bonté d'attirer mon attention sur ce point et de mettre à ma disposition une bonne quantité de zygospores.

[1] De Bary, *Untersuchungen über die Familie der Conjugaten*, p. 29, 34, 37, 52.

CLOSTERIUM PARVULUM Näg.

Une histoire complète de la copulation et du développement des zygospores de cette espèce se trouve dans l'ouvrage cité plus haut, p. 49 et suiv. Il me suffira d'en reprendre l'histoire là où de Bary l'a laissée, c'est-à-dire à la maturité de cet organe.

Je récoltai, à la fin de novembre 1866, les zygospores sur lesquelles mes observations ont été faites, dans un vase où la plante végétait activement depuis plus d'une année. Après les avoir laissées sécher lentement dans un verre de montre, je les conservai dans un tiroir jusqu'au commencement de février. Lorsque, à cette époque, je les humectai de nouveau, elles étaient complétement incolores, et ce ne fut que quatre jours après qu'elles commencèrent à verdir, ce qui est le premier signe de la germination.

Les fig. 1, 2, 3 représentent des zygospores deux jours après que je les eus humectées ; elles sont elliptiques, souvent légèrement quadrangulaires et quelquefois pourvues aux quatre angles de prolongements en forme de cornes. La paroi en est formée, comme c'est la règle dans l'ordre des *Conjugatæ*, de plusieurs couches distinctes. On en compte trois dans le cas présent : une extérieure, bleuissant par l'iode; une moyenne, colorée par ce réactif en rouge orangé, enfin, une interne, mince, et difficile à apercevoir. C'est surtout dans les cornes qu'on peut la reconnaître (fig. 3) ; elle forme des hernies qui les remplissent plus ou moins complétement et où l'on peut reconnaître un double contour. Toutes trois sont incolores. Le contenu de la zygospore est granuleux et composé exclusivement de protoplasma et d'huile. J'ai pu, dans un ou deux cas, y reconnaître un nucleus (fig. 1, 2); plus tard, il est masqué par les vacuoles qui ne tardent pas à se montrer (fig. 3, 4). Du quatrième au sixième jour, on voit apparaître dans deux points placés sur le grand diamètre de la spore, à égale distance du centre, une légère coloration verte (fig. 4); les granulations deviennent de plus en plus visibles, et la paroi, cédant à l'augmentation de volume du contenu, se déchire et lui donne issue (fig. 5, *a*, *b*).

La nouvelle cellule (*Keimkugel*, globule germinatif, de Bary), ainsi que le fait remarquer de Bary (*op. cit.*, p. 52), pour le *Cosmarium Botrytis*, offre un volume notablement supérieur à celui de la zygospore dont elle est sortie; ce volume augmente insensiblement, et les deux agglomérations de matière verte s'écartent peu à peu (fig. 5, *a*, *b*).

Pendant le stadium suivant, le globule germinatif, qui maintenant possède une membrane bien distincte, se présente sous deux états différents. Si son contenu est

transparent et pauvre en granules, ceux-ci s'appliquent contre la paroi en formant des stries qui irradient à partir des deux noyaux verts (fig. 6, *a*, *b*, *c*); dans ce cas, le développement s'arrête, le globule persiste deux ou trois jours dans cet état, puis se flétrit. J'ai fait la même observation pour le *Staurastrum Friburgense* et le *Cosmarium Botrytis;* dans mes cultures, j'ai constamment trouvé des globules germinatifs dans cet état, et aucun de ceux que j'ai pu suivre pendant quelque temps ne s'est développé davantage. De Bary a figuré des cas semblables dans son observation accidentellement interrompue sur la germination du *Closterium rostratum* (tab. V, fig. 29, 30).

Si, au contraire, le contenu du globule germinatif se montre trouble et riche en granules, il se contracte légèrement, s'agglomère autour des deux noyaux verts et offre, suivant un plan perpendiculaire au grand axe du globule et passant par son centre, une stricture qui augmente de plus en plus (fig. 7) et se trouve bientôt occupée par un bourrelet gélatineux. Les deux nouvelles cellules qui se forment ainsi peu à peu (*Keimzellen*, cellules germinatives, de Bary), s'entourent chacune d'une membrane. Elles sont d'abord égales et semblables de tous les côtés, mais bientôt la direction de leur développement change de façon que le grand diamètre de l'une correspond au petit diamètre de l'autre (fig. 8, 9). Plus tard, la paroi de la cellule-mère se résorbe et les deux cellules germinatives, devenues de jeunes *Closterium*, gisent encore à cheval l'une sur l'autre, s'embrassant par leur concavité. Le *Cosmarium Botrytis* offre, suivant de Bary (*loc. cit.*), la même série de changements.

Les fig. 8 à 12 donneront une idée exacte de ce développement; la paroi du globule germinatif se gonfle de plus en plus autour des cellules germinatives; celles-ci s'allongent, verdissent peu à peu et bientôt deviennent libres dans l'intérieur du globule; on reconnaît déjà dans ce stadium de jeunes *Closterium*. Encore un pas de plus, et la paroi de la cellule-mère, à force de se gonfler, a disparu, et les jeunes *Closterium* commencent leur vie indépendante (fig. 12, 13, 14).

Il est digne de remarque que pendant tout ce temps la largeur des jeunes *Closterium* diminue de plus en plus à mesure que leur longueur augmente. Il semble que les matériaux nécessaires à l'allongement de la cellule soient fournis par son rétrécissement. Même lorsqu'ils sont devenus libres, leur largeur est encore, par rapport à celle des *Closterium* adultes, dans le rapport de 11 à 9, moyenne déduite de cinq mesures (fig. 13, 14, 15).

La matière verte qui, à l'origine, était placée au centre de la cellule germinative, se dédouble lorsque le jeune *Closterium* s'est déjà sensiblement allongé, et forme deux amas placés à égale distance du centre et reliés par une bande verte qui disparaît peu à peu, de sorte que dans le *Closterium* adulte le centre est occupé par un

espace incolore où se trouve le nucleus. Ce n'est qu'assez tard que les globules de fécule commencent à apparaître; dans mes cultures, les jeunes *Closterium*, après le dixième jour, ne contenaient encore que de fines gouttelettes huileuses nageant dans un liquide protoplasmatique coloré en vert.

STAURASTRUM FRIBURGENSE.

J'ai trouvé les zygospores de cette espèce au milieu d'autres Algues, dans un vase qui avait passé tout l'hiver dans le laboratoire; elles y étaient en assez grande quantité, et il ne me fut pas difficile d'observer la germination d'un bon nombre d'entre elles. Comme je n'ai pu rapporter cette forme de *Staurastrum* à aucune de celles qui sont déjà décrites dans Ralfs, Nägeli, Pritchard, et l'ouvrage plus récent de Reinsch[1], j'en fais une espèce nouvelle. Voisine des *S. muticum* Bréb., et *punctulatum* Bréb., elle s'en distingue facilement, ainsi qu'il ressort de la fig. 28, faite d'après les restes des cellules conjuguées. La longueur des individus est environ de $0^{mm},035$, leur largeur un peu moindre.

Les zygospores sont rondes, de couleur brun foncé et hérissées d'épines deux fois bifurquées (fig. 17, 18, 19); elles mesurent de $0^{mm},045$ à $0^{mm},05$ en diamètre. Les épines, creuses à la base, sont pleines au sommet. La membrane de la spore laisse apercevoir trois couches distinctes et facilement séparables : une extérieure, incolore, qui porte les épines plus haut mentionnées, une moyenne teinte en brun et présentant des culs-de-sac qui remplissent la base des épines en question, une interne, incolore et plus fine que les deux autres. De ces trois couches, aucune ne se colore en bleu par l'iode.

Lorsque les zygospores approchent du moment de la germination, on peut y distinguer, malgré l'épaisseur et l'opacité de la paroi, une tache simple, quelquefois double, de couleur verdâtre, placée au centre (fig. 18). D'après de Bary, les zygospores du *Cosmarium Botrytis* offrent également le même aspect à cette époque. Par suite du gonflement considérable de la couche la plus interne de sa paroi, la zygospore éclate et se vide de son contenu. Celui-ci forme une masse plus ou moins globuleuse, un peu supérieure en volume à la zygospore dont il est sorti, et qui bientôt se recouvre d'une membrane : c'est le globule germinatif (fig. 21). Ainsi que pour le *Closterium parvulum*, le globule germinatif offre, à partir de cette époque, deux aspects différents.

[1] P. Reinsch, *Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken*. Nürnberg, 1867.

S'il ne doit pas se développer davantage, il continue à grossir au point de surpasser de beaucoup le volume de la zygospore-mère; son contenu s'éclaircit, les granules s'appliquent à la membrane en formant des traînées, la matière verte disparaît peu à peu et il se flétrit bientôt (fig. 22, *a* et *b*).

S'il est destiné à parcourir toutes les phases de son développement, on le voit prendre peu à peu une forme allongée, le contenu se contracte légèrement à mesure que la membrane se gonfle, bientôt au centre apparaît une stricture qui devient de plus en plus forte, la coloration verte abandonne la région équatoriale, une nouvelle membrane apparaît, tandis que la précédente, à force de se gonfler, devient de plus en plus difficile à découvrir; il ne manque au nouvel individu qui vient de se former que la forme triangulaire.

Ce n'est que peu à peu qu'il l'acquiert; chacune de ses moitiés s'agrandit et se développe plus ou moins indépendamment de l'autre, de sorte qu'il n'est pas rare de trouver de jeunes *Staurastrum* d'un aspect monstrueux, où une moitié présente déjà une forme triangulaire parfaitement accusée, tandis que l'autre est encore arrondie (fig. 27).

Les fig. 21 à 27 représentent ces divers états de développement. Dans la fig. 25, une des moitiés du jeune *Staurastrum* est, par exception, beaucoup plus petite que l'autre (peut-être incapable de développement). Dans les fig. 23-24, la membrane du globule germinatif existe encore; dans la fig. 26, elle a disparu.

Ainsi qu'on le voit, il existe une différence assez notable dans le développement des zygospores des genres *Closterium* et *Staurastrum*. Dans le *Closterium*, ainsi que de Bary l'a montré pour le genre *Cosmarium*, d'une zygospore se développent simultanément deux nouveaux individus; dans le genre *Staurastrum*, un seul.

Ces observations confirment celles de de Bary, en montrant, dans des genres voisins, une série de phénomenes presque semblables à ceux qu'il a décrits; elles établissent d'une manière certaine le mode de germination des zygospores du genre *Closterium* et ferment ainsi complétement pour cette forme intéressante le cycle de son développement; enfin, elles montrent que dans le genre *Staurastrum* la germination des zygospores a lieu essentiellement de la même manière que dans les autres types de cette famille.

II.

J'ai donné le nom de *Phycopeltis epiphyton* à une Algue chlorosporée nouvelle, qui fut découverte en 1866, aux environs de Fribourg en Brisgau, et dont j'ai déjà distribué des échantillons à différentes personnes. Bien que je l'aie étudiée à diverses reprises depuis cette époque, il n'est impossible d'en donner aujourd'hui une histoire complète, son mode de reproduction m'étant encore presque entièrement inconnu. Néanmoins je n'hésite pas à publier le résultat de mes observations; un autre sera peut-être plus heureux et complétera cette étude. Il est rare que des recherches de ce genre puissent être achevées par le même observateur; leur succès dépend en effet d'influences et de circonstances étrangères dont il est impossible de se rendre maître malgré tous les efforts. On verra du reste que la lacune que je viens de signaler n'a pas tant d'importance, les faits que j'ai pu constater et les analogies suffisant abondamment à caractériser et à classer ce nouveau végétal.

Le *Phycopeltis* se trouve dans les endroits humides des forêts, là où la rosée est abondante, sur les jeunes *Abies pectinata*, et surtout parmi les branches les plus basses, celles qui touchent presque à terre. De là on le voit aussi souvent descendre sur les végétaux plus humbles qui rampent à l'ombre des sapins, tels que le lierre et diverses espèces de ronces. C'est toujours à la face supérieure des feuilles qu'il végète, et il faut la plus grande attention pour l'y découvrir, à moins qu'il ne s'y trouve en quantité considérable. Dans ce cas, des taches rouge orangé formées par l'agglomération d'une multitude d'individus très-pressés y trahissent sa présence.

Grâce à la nature du *substratum* sur lequel elle croît, cette plante n'est point trop difficile à étudier, malgré sa petitesse. Il suffit d'enlever avec le rasoir une lamelle mince de la cuticule des feuilles de sapin pour pouvoir l'observer *in situ*, et comme elle n'adhère point trop intimement à cette membrane, on peut se borner à râcler la feuille avec un instrument tranchant après l'avoir mouillée avec une goutte d'eau. On obtient ainsi un grand nombre de plantes, quelques-unes légèrement endommagées, la plupart tout à fait intactes, que l'on peut isoler dans de petites gouttes d'eau sur le porte-objet, pour en observer le développement à son aise.

Le *Phycopeltis*, à son maximum de développement, ne dépasse pas $0^{mm},1$ en diamètre. Il se présente sous l'aspect de petites expansions foliacées, très-minces, de forme irrégulièrement orbiculaire et de couleur jaune orangé plus ou moins vert. Complétement aplatie, la fronde adhère légèrement au *substratum* par toute sa sur-

face inférieure. Elle se compose d'une seule couche de cellules placées régulièrement les unes à la suite des autres, suivant des rayons qui divergent à partir du milieu. Les cellules centrales sont polyédriques, à quatre ou cinq côtés inégaux, et plus développées que celles de la périphérie. Ces dernières sont en général rectangulaires et leur grand diamètre est dirigé dans le sens radial. Dans quelques individus, surtout les plus jeunes, toutes les cellules contiennent un pigment vert orangé, finement granulé ; dans d'autres, et ce sont en général les plus âgées et les plus développées, quelques cellules, surtout au centre de la fronde, sont complétement incolores (fig. 29, 30, *f*). En les examinant avec attention, on s'assure qu'elles ne renferment que de l'air ou de l'eau, et qu'elles présentent à leur face supérieure une ouverture au moyen de laquelle elles communiquent librement avec l'extérieur. Je reviendrai un peu plus loin sur les fonctions et le mode de formation de ces cellules incolores. Certains individus n'en présentent que quelques-unes (fig. 29); dans d'autres, la fronde en est pour ainsi dire criblée à jour; il peut même arriver que les cellules pigmentées ne forment plus qu'une zone mince placée à la périphérie.

Si l'on détache de leur *substratum* quelques *Phycopeltis* bien développés, et qu'on les transporte avec tous les ménagements convenables dans une goutte d'eau sur le porte-objet, on pourra suivre leur développement pendant plusieurs jours. C'est ainsi que j'ai pu m'assurer que la plante qui nous occupe se multiplie par le moyen de zoospores.

En observant attentivement un *Phycopeltis* de moyenne dimension, on apercevra souvent, surtout si l'on fait ces observations avant le milieu de la journée, des cellules dont le contenu est plus épais, plus abondant et moins transparent que celui des cellules ambiantes. Il est d'abord homogène; puis on y voit apparaître peu à peu des lignes douteuses, qui s'accentuent de plus en plus et finissent par circonscrire assez distinctement des granules arrondis de $0^{mm},005$ en diamètre. Un peu plus tard les contours de ces corpuscules deviennent parfaitement nets; bientôt ceux-ci se meuvent lentement, leur mouvement devient plus vif; enfin, à un moment donné, une ouverture s'étant produite à la paroi supérieure de la cellule, on les voit s'échapper successivement de leur prison en tournoyant d'un mouvement excessivement rapide.

La fig. 31 représente à un grossissement considérable la formation et la mise en liberté des zoospores. Dans trois cellules, le contenu est fractionné en granules plus ou moins distincts ; deux sont tout à fait vides; enfin, dans deux autres on aperçoit encore des zoospores qui s'agitent sans avoir pu trouver l'issue. Celle-ci est située vers les angles des cellules; elle a la forme d'un mamelon saillant à l'extérieur et percé d'un orifice très-étroit.

Le nombre de zoospores qui se forment dans une seule cellule est très-variable et dépend des dimensions de celle-ci; il semble être, la plupart du temps, de vingt à trente. Les zoospores sont d'une petitesse extrême (0^{mm},005); elles offrent, comme la plante elle-même, une couleur vert orangé due à de la chlorophylle et à un second pigment. Leur forme est ovoïde; deux cils fort longs sont attachés à l'extrémité la plus aiguë. Celle-ci est visiblement moins colorée que l'autre, elle est dirigée en avant pendant la progression (fig. 32).

Bien que j'aie observé des *Phycopeltis* à différentes heures de la journée et que j'aie été une dizaine de fois témoin du phénomène de la dissémination des zoospores, je ne l'ai jamais vu se produire que de dix heures du matin à midi. C'est là une remarque intéressante et qui n'offre du reste rien d'extraordinaire après les observations de Thuret et d'autres auteurs sur la régularité de l'heure à laquelle se fait la dissémination des zoospores chez diverses plantes de cette même classe.

Le mouvement des zoospores ne dure guère au delà de cinq minutes. Au bout de ce temps, beaucoup ont perdu leur forme primitive pour devenir sphériques par une excessive absorption d'eau, et flottent au hasard en faisant à peine quelques mouvements qui s'éteignent bientôt (fig. 33). D'autres se fixent et s'arrêtent définitivement après quelques oscillations autour de leur point d'attache. Après une demi-journée, ces dernières n'offrent pas de changements bien sensibles, si ce n'est qu'elles sont devenues parfaitement rondes et immobiles.

On ne peut douter un seul instant que ce ne soit bien de ces zoospores fixées et immobilisées que naissent les formes représentées dans la fig. 30, en *a* et *b*, et plus tard par un développement successif celles que l'on voit en *c*, *d*, *e*, *f*. On trouve, en effet, autour de chaque individu adulte toutes les transitions possibles entre l'état arrondi et unicellulaire de la zoospore qui vient de se fixer et l'état lobé d'un jeune *Phycopeltis* qui commence à se cloisonner.

Il me reste à parler du mode d'accroissement de notre plante.

Il offre en général la plus grande ressemblance avec celui du *Coleochæte soluta*. D'après le texte et les figures de Pringsheim [1], il n'y aurait même aucune différence entre les deux plantes dès qu'elles se composent l'une et l'autre d'une demi-douzaine de cellules. Toutes deux sont formées de séries de cellules ou filaments rayonnant à partir d'un centre commun et présentant un accroissement exclusivement terminal. Ces filaments sont soudés intimement chez le *Phycopeltis*, ainsi que cela arrive dans certaines formes du *Coleochæte soluta* (Pringsheim, *op. cit.*, pl. I, fig. 2, 3). Mais il est possible de les séparer par la potasse. La fig. 34 représente une portion de

[1] *Die Coleochæteen* (*Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. II).

notre plante dont les filaments composants se sont désagrégés sous l'influence de ce réactif. Chacun de ces filaments s'accroît en longueur au moyen de cloisons perpendiculaires à sa direction et qui prennent naissance dans la cellule terminale exclusivement. La ramification se produit également dans cette cellule et absolument de la même façon que dans le *Coleochœte soluta*. On voit, en effet, le bord antérieur de la cellule se creuser en son milieu d'un petit sinus, au niveau duquel apparaît aussitôt après une cloison formée par l'adossement de la membrane des deux cellules en voie de formation (fig. 35, *a*, *b*). Cette cloison s'avance insensiblement dans l'intérieur de la cellule-mère, qui se trouve ainsi partagée vers la périphérie en deux diverticulums égaux. Jusqu'à présent on a sous les yeux une véritable dichotomie; mais un peu plus tard il n'en est plus ainsi, car, lorsque la cloison en question a atteint la partie moyenne de la cellule, on voit apparaître dans celle-ci une seconde cloison légèrement oblique par rapport à la dernière, étendue du sommet de celle-ci à un des côtés de la cellule-mère (fig. 35, *c, d*). Un des diverticulums de la cellule terminale se trouve ainsi constitué en cellule propre bien avant l'autre. Ce n'est que longtemps après qu'une deuxième cloison, perpendiculaire au grand diamètre de la cellule terminale, vient séparer de celle-ci le second diverticulum dont nous avons parlé plus haut (fig. 35 *e*). Il n'est donc pas permis de dire que les deux divisions de la cellule terminale ont une importance morphologique égale, puisque les phénomènes qui leur donnent naissance ne sont point complétement identiques.

Quoi qu'il en soit de cette question de dichotomie, à partir de ce moment on a affaire à deux axes qui continuent la végétation du premier. En général il se produit alors une cloison perpendiculaire à la direction du filament dans chacune des nouvelles cellules terminales, puis la ramification recommence, en présentant la même série de phénomènes (fig. 35, *f*, *g*).

Toute cette série de faits se trouve exprimée (fig. 35) par plusieurs dessins schématiques. Le mode de ramification et la forme qui en résulte ont été représentés dans la fig. 34, dessinée d'après un fragment de notre plante traitée par la potasse.

J'ai dit que si le développement du *Phycopeltis* s'accorde avec celui du *Coleochœte soluta*, lorsque les deux plantes se composent déjà d'une demi-douzaine de cellules, il n'en est point de même dans un âge moins avancé.

Mon intention n'est pas de rappeler comment se développe le *C. soluta* aux dépens de sa zoospore; je me bornerai à renvoyer le lecteur que cette question intéresserait, au texte et aux figures de Pringsheim (*op. cit.*, p. 6, et pl. II, fig. 4). Il suffira à mon objet de savoir que dans le *Coleochœte* en question, la zoospore, après s'être fixée, se partage par une cloison en deux cellules. Dans notre *Phycopeltis*, les

choses se passent tout autrement, et dès son plus jeune âge la plante montre une tendance au genre de ramification que nous avons décrit. On voit la membrane de la jeune cellule provenant de la fixation de la zoospore, former simultanément, non point deux, mais trois, quatre, cinq diverticulums, se ramifier, en un mot, dans plusieurs directions à la fois (fig. 30, *a*, *b*, *c*). Ainsi que nous l'avons vu plus haut, à propos de la ramification de la cellule terminale de chacun des filaments qui constituent la plante adulte, il se forme alors des cloisons produites par l'adossement de la membrane. Au niveau de ces replis existe un petit sinus, et ce n'est qu'assez tard que des cloisons perpendiculaires à la direction de ces replis décomposent le jeune individu en une cellule centrale, et plusieurs cellules disposées radialement autour de celle-ci (fig. 30, *d*, *e*, *f*).

Ces quelques mots sur le développement du *Phycopeltis* suffisent pour faire comprendre l'architecture de la plante tout entière. Elle se compose d'un centre constitué par une seule cellule correspondant à la zoospore, de laquelle partent trois, quatre ou cinq rayons primaires, uni-bicellulaires au maximum, bientôt divisés en six, huit, dix rayons secondaires, lesquels offrent la même composition que les précédents et se divisent à leur tour chacun en deux rayons de troisième ordre. Ce mode de division se répète incessamment avec plus ou moins de régularité, et le développement de la plante n'a d'autre terme que celui qui peut lui être apporté par les inégalités du *substratum* et les variations continuelles de la chaleur et de l'humidité. Je suppose, en outre, que dans notre plante, ainsi que cela paraît avoir lieu pour les *Coleochœte*[1], les organes de fructification se trouvent placés à l'extrémité de certains axes, dont l'accroissement se trouve ainsi terminé.

Je n'ai qu'un mot à dire des organes de fructification. Une seule fois il m'est arrivé de rencontrer un *Phycopeltis* qui portait des corps ayant beaucoup d'analogie avec les organes du *Coleochœte pulvinata.* Malheureusement les efforts que je fis pour avoir une idée plus claire de ces organes excessivement petits, détruisirent cet exemplaire, et malgré mes recherches, je ne pus en retrouver un second dans le même état. Tout ce qu'il me fut possible de constater se rapporte donc à la position et à la forme générale des organes en question. Ils partaient du bord même de la fronde, et leur nombre montait à une quinzaine environ. Ils se trouvaient constitués par un globule sphérique, probablement pluricellulaire, porté sur un pédicelle fort court, dont le mode d'insertion sur les cellules du thalle m'a échappé. Le diamètre de ce globule surpassait à peine celui des cellules les plus développées de la région moyenne

[1] Nägeli und Schwendener, *Das Mikroskop*, p. 611. 1867.

de la fronde, et la longueur de son pédicelle atteignait au plus cette même dimension. Quant à leur couleur, ces organes ne différaient en rien du reste de la plante.

Si l'on tient compte des affinités étroites qui unissent notre plante aux *Coleochœte*, il est difficile de se refuser à admettre que l'on a affaire ici à des oogones; toutefois une certitude absolue sur ce point ne peut résulter que d'une étude plus attentive de ces organes.

Je mentionnerai encore, pour les personnes qui seraient à même de pouvoir vérifier et de compléter mes observations à ce sujet, que c'est au mois de juillet que j'ai rencontré cet individu fructifié; à cette seule exception près, j'ai toujours vu le *Phycopeltis* se multiplier par zoospores, non-seulement pendant la belle saison, mais encore durant la plus grande partie de l'hiver.

Je crois inutile de m'étendre sur les affinités de notre plante pour le genre *Coleochœte*; en effet, elles sont tellement frappantes qu'il sera plus utile d'insister sur les différences qui séparent ces deux genres. Sans parler des oogones, qui sont encore trop incomplétement connus, le *Phycopeltis* se distingue des *Coleochœte* par trois caractères principaux :

1° Le mode de développement du jeune individu, à partir du moment où la zoospore s'est fixée jusqu'à celui où la fronde se compose de quelques cellules.

2° Le développement des zoospores. Dans les *Coleochœte* il en naît toujours une seule dans une cellule-mère; dans le *Phycopeltis* il s'en développe simultanément jusqu'à vingt-cinq ou trente.

3° La nature et la couleur du pigment.

Ce sont là certainement des caractères suffisants pour justifier l'établissement d'un genre nouveau en faveur de cette petite plante.

Il aurait été intéressant d'étudier les rapports de la plante qui nous occupe avec ces *Coleochœte*, que Mettenius[1] a signalés sur les feuilles des Hyménophyllées et d'autres Fougères; malheureusement je n'ai pas eu à ma disposition les matériaux nécessaires. Un seul spécimen de ces productions (sur le *Trichomanes elegans* Rich.) m'a été communiqué par M. le professeur de Bary, qui le tenait de Mettenius. Tout ce que j'ai pu conclure de son examen, c'est que ces plantes, formées, comme le *Phycopeltis*, d'une couche unique de cellules, offrent le même mode d'accroissement que ce dernier. Elles se composent également de filaments à direction radiale, à ramification dichotome et à accroissement terminal. On n'y voit aucune soie ana-

[1] Mettenius, *Ueber die Hymenophyllaceæ*, in *Abhandlungen der mathem. physischen Classe der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*. Bd. VII; S. 464.

logue à celles des *Coleochæte*, du moins sur les individus déjà passablement développés. La couleur du pigment était tellement altérée, qu'il m'a été difficile de le reconnaître, et le mode de reproduction de ces plantes est demeuré pour moi, comme pour l'auteur que je viens de citer, complétement inconnu.

Je laisse suivre la diagnose :

PHYCOPELTIS, nov. gen.

Phycoma orbiculare, discoideum, unico cellularum strato constitutum, tota pagina inferiore adnatum. Cellularum dispositio radiata, filamenta sistens dichotoma, acrobrya, arcte coalita. Cytioplasma colore aureo-viridi insigne. Zoosporæ numerosæ, plasmatis divisione simultanea ortæ, ovoideæ, ciliis binis præditæ.

Species unica : PH. EPIPHYTON.

Character idem ac generis. Planta minima, $0^{mm},1$ latitudine haud excedens. Zoosporæ $0^{mm},005$ longæ.

Viget ad paginam superiorem foliorum plantarum complurium, imprimis *Abietis pectinatæ*, *Hederæ*, *Ruborum*.

Friburgi Brisgavorum in sylvis humidis detecta nec infrequens.

EXPLICATION DES FIGURES.

Closterium parvulum (fig. 1 à 16).

(Grossissement de 470 diamètres environ.)

Fig. 1-2. — Deux zygospores au moment où elles furent mises en expérience. Dans la fig. 2 se voit distinctement le nucleus.

Fig. 3. — Zygospore humectée depuis trois ou quatre jours; elle présente plusieurs vacuoles.

Fig. 4. — Stade un peu plus avancé; le contenu offre en deux points une faible coloration verte.

Fig. 5, *a* et *b*. — Deux zygospores qui viennent de se vider de leur contenu. Les membranes gisent à côté des globules germinatifs.

Fig. 6, *a*, *b*, *c*. — Aspect des globules germinatifs incapables d'un développement ultérieur; celui en *b* est le même qu'en *a*, trois heures plus tard.

Fig. 7. — Le globule germinatif est pourvu d'une membrane et commence à se cloisonner.

Fig. 8. — Le cloisonnement est complet ; les cellules germinatives sont formées.

Fig. 9. — Aspect qu'offre le globule germinatif un peu plus tard, par suite du développement à angle droit des deux jeunes *Closterium*.

Fig. 10. — Globule germinatif à côté de la membrane de la zygospore dont il est sorti. Dans son intérieur, deux jeunes *Closterium* qui chevauchent encore l'un sur l'autre.

Fig. 11. — La membrane du globule germinatif et celle des cellules germinatives se sont gonflées et sont devenues indistinctes.

Fig. 12. — Elles ont complétement disparu.

Fig. 13. — Stade suivant; le contenu se sépare en deux portions.

Fig. 14. — Deux jeunes *Closterium* sortis de la même zygospore et dans la position qu'ils offrent fréquemment pendant les premiers jours qui suivent la germination.

Fig. 15. — Un *Closterium* adulte. On voit par la suite des figures, qui sont toutes faites au même grossissement, et d'après une moyenne déduite de plusieurs mesures, que les individus perdent en largeur à mesure qu'ils acquièrent en longueur.

Fig. 16. — Membrane de la zygospore ouverte ; on voit ses deux couches externes.

Staurastrum Friburgense (fig. 17 à 28).

(Grossissement de 350 fois environ, à l'exception de la fig. 17, qui est grossie 400, et la fig. 19, 800 fois.

Fig. 17. — Zygospore.

Fig. 18. — Le même objet ; le centre étant mis au foyer de l'objectif.

Fig. 19. — Les aiguillons qui en garnissent la surface.

Fig. 20. — Zygospore dépouillée de sa membrane externe.

Fig. 21. — Globule germinatif.

Fig. 22, *a* et *b*. — Globule germinatif incapable de développement; on voit qu'il offre un diamètre bien supérieur à celui d'une zygospore.

Fig. 23. — Globule germinatif, dont la membrane a pris un développement un peu irrégulier.

Fig. 24. — La membrane se gonfle; le contenu offre une stricture.

Fig. 25. — La membrane a presque disparu; le jeune individu offre un développement anomal, une des moitiés étant beaucoup plus petite que l'autre.

Fig. 26. — Jeune individu devenu libre.

Fig. 27. — Jeunes *Staurastrum* monstrueux.

Fig. 28. — Individu adulte; la membrane, vue de face et de côté (le lithographe a beaucoup trop accentué les ponctuations, surtout vers le centre).

Phycopeltis epiphyton (fig. 29 à 35).

Fig. 29. — Individu de grandeur moyenne. Il présente vers le centre cinq cellules, qui ont perdu leur contenu, lequel a servi à la formation des zoospores (gross. de 300 diamètres).

Fig. 30. — Jeunes individus issus d'une zoospore. En *a*, *b*, *c* et *d*, la plante est encore unicellulaire, bien qu'elle soit déjà ramifiée. En *e*, elle se compose de quatre cellules; celle qui forme le centre mathématique et morphologique de la plante n'est pas encore complétement formée, mais on voit qu'il ne lui manque plus qu'un ou deux côtés. En *f*, la plante, quoique très-petite, a déjà fourni des zoospores ; elle est aussi assez irrégulière (gross. de 300 diamètres).

Fig. 31. — Portion de fronde, pour montrer la formation et la dissémination des zoospores. Dans trois cellules, le protoplasma est fractionné et les zoospores presque complétement formées. Dans deux autres se meuvent encore quelques-uns de ces animalcules qui n'ont pu trouver l'issue. Deux dernières cellules sont complétement vides. On voit que l'orifice par lequel sortent les zoospores est fort étroit et percé au centre d'une sorte de mamelon (gross. de 900 diamètres environ).

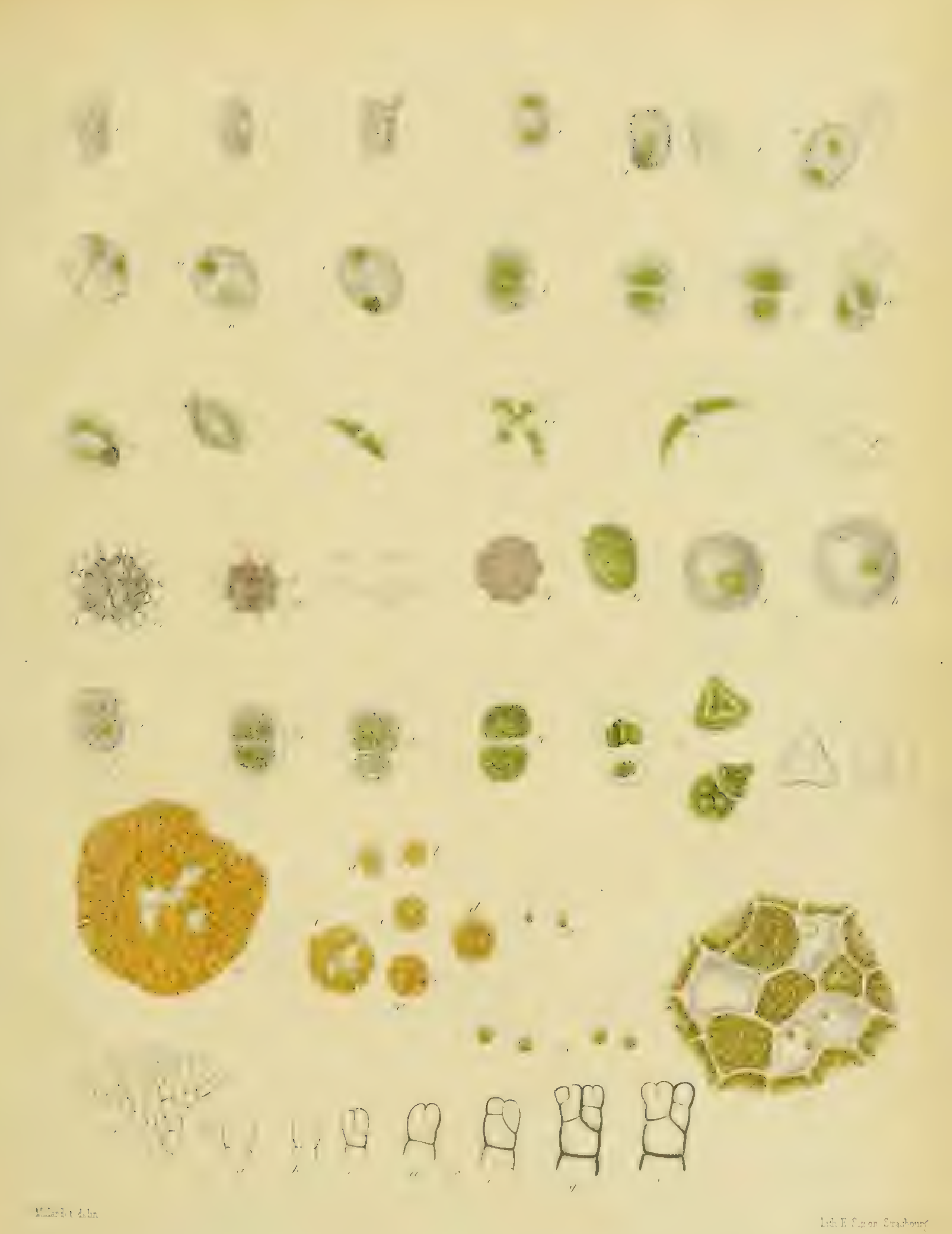
Fig. 32. — Deux zoospores qui viennent de s'évader de leur cellule-mère (gross. de 900 diamètres).

Fig. 33. — Quatre zoospores qui ont subi l'action de l'eau pendant quelques minutes.

Fig. 34. — Un fragment de la plante traité par la potasse, pour montrer comment elle se décompose en filaments dichotomiques.

Fig. 35. — Manière dont se fait l'allongement et la ramification dans la cellule terminale d'un de ces filaments. On a essayé d'exprimer l'âge relatif des cloisons par leur plus ou moins grande épaisseur. Le lithographe a interverti l'ordre des deux dernières figures de droite (dessin schématique).

STRASBOURG, TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN.



M. Lesdet del.

Lith. E. Simon Strasbourg

1-16 Closterium parvulum 17-28 Staurastrum Friburgense 29-35 Phycopeltis epiphyton.

ÉTUDE

SUR L'ANATOMIE COMPARÉE

DE L'ENCÉPHALE DES POISSONS

PAR

M. LE DOCTEUR BAUDELOT

PROFESSEUR DE ZOOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG.

«Est etiam huic cerebro sua elegantia, suaque peculiaris «fabrica, neque unquam credo nos partium corporis animalis «utilitatem recte perspecturos, nisi plenam habuerimus pecu«liaris in quaque specie fabricæ enumerationem.»

(HALLER, *Opera minora*, t. III, p. 198.)

Il nous faut remonter à une époque déjà éloignée dans l'histoire de la science pour retrouver les premières notions relatives à l'anatomie du cerveau des poissons.

En 1666, Thomas Willis, dans un mémoire sur l'anatomie du cerveau et des nerfs [1], s'exprimait ainsi à ce sujet : « Duæ moleculæ anterius positæ totum cerebri ita proprie dicti locum sustinent; ex his duo nervi olfactorii insignes procedunt. Medulla oblongata in piscibus simili omnio situ, ac in avibus, duas insignes protuberantias intus excavatas habet.

« Porro in his observare est glandulam pituitariam, infundibulum, uti in cæteris animalibus, item pleraque nervorum paria easdem origines et distributiones habent. Cerebelli figura eadem est quæ in perfectioribus animalibus. »

Willis toutefois était loin de soupçonner les difficultés de la question qu'il traitait, car il ajoute ensuite : « Verum singula ulterius describere non opus est; nam cætera, cum ea quæ ipsis tantum et avibus propria sunt, tum etiam quæ cum volucrum et perfectiorum quoque animalium genere communiora obtinent, partim ex

[1] *Cerebri anatome nervorumque descriptio et usus*, 1666, cap. V. Ce mémoire fut imprimé dans *Opera omnia Thomæ Willis*, 1682.

peculiari cum avibus similitudine, partim ex universali omnium analogia, facile innotescunt. »

Quelques années après Willis, en 1685, Samuel Collins consacra dans son Système d'anatomie (1) un chapitre entier à l'étude du cerveau des poissons (2). C'est à lui que nous devons les premières figures qui aient été données sur le cerveau des poissons. Onze planches, comprenant environ trente espèces de poissons (3), accompagnent son travail. Malheureusement, pour chacune des espèces qu'il examine, l'auteur se borne à une simple énumération des lobes qui composent l'encéphale; les formes extérieures du cerveau ont seules fixé son attention, et il n'est fait aucune mention des parties intérieures. Du reste, aucune comparaison, aucune détermination des parties, les expression de *cervelet* et de *moelle allongée*, dont l'auteur fait usage, sont les seules où apparaissent quelques lueurs d'analogie.

A partir de Collins, il faut franchir près d'un siècle et arriver jusqu'à Camper pour retrouver de nouveaux écrits relatifs au cerveau des poissons. En 1761, Petrus Camper publia sur l'oreille des poissons écailleux un premier Mémoire dans lequel il donna une description et une figure du cerveau de la Morue. Ce travail fut imprimé en 1762 dans les *Mémoires de la Société de Harlem*. La même année 1762 il fit paraître sur l'oreille des poissons en général un second Mémoire qui fut imprimé en 1774 dans le t. VI *des Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris*. Dans ce second travail, qui est accompagné de plusieurs planches, il décrivit et figura le cerveau de trois nouvelles espèces, la Baudroie, le Brochet et la Raie.

Camper a le mérite d'avoir le premier essayé d'établir un rapprochement entre le cerveau des poissons et celui des mammifères. La description suivante que nous lui empruntons permettra de juger quelle était sa manière de voir à cet égard.

« Dans les Morues et les Églefins, le cerveau est formé de deux globes antérieurs, qui ont des incisions (circonvolutions) comme notre cerveau; ils donnent naissance aux nerfs olfactoires; deux hémisphères oblongs succèdent aux premiers, qui ont des ventricules très-grands et un corps calleux qui forme la voûte; il n'y a point de glande pinéale, mais le troisième ventricule passe vers le quatrième derrière une éminence semblable à peu près aux nates et testes, dans l'homme et les quadrupèdes; ces

(1) *A system of anatomy, treating of the Body of man, Beast, Birds, Fish, Insects and Plants.* By Samuel Collins, 1685, 2 vol. in-fol.

(2) Chap. 63. *The Brain of Fish*, t. II, p. 1108.

(3) Squale, Raie blanche, Raie bouclée, Ange, Morue, Lamproie, Truite, Ombre, Carpe, Barbue Plie, Limande, Flet, Sole, Turbot, Merlan, Perche, Goujon, Anguille, Dorée, Éperlan, Grémille, Hareng, Gurnet, Orphie, Saumon, Muge, Maquereau, Brochet, Tanche. Ces figures sont gravées avec assez de soin, mais elles pèchent par le manque d'exactitude.

quatre éminences sont très-parfaites dans le Brochet. Le cervelet suit immédiatement après, il forme une espèce de cône tronqué, qui a deux tubérosités latérales unies avec le cervelet, lorsqu'on le relève, alors le quatrième ventricule se manifeste avec la valvule du cerveau qui y est très remarquable; c'est là que commence la moelle épinière ou allongée. »

« La base de la cervelle n'a rien d'extraordinaire que les deux éminences blanchâtres, *eminentiæ candicantes*, qui y sont très-considérables, plus grandes même que dans l'homme; l'entonnoir est entre elles et l'origine des nerfs optiques; la glande pituitaire y semble être attachée. »

Plus loin, en parlant du Brochet, il dit encore : « Les hémisphères sont très-oblongs, divisés par une ligne sous laquelle le corps calleux forme une voûte qui couvre les deux ventricules antérieurs.

En écartant les deux hémisphères, paraît la fente qui est l'entrée du troisième ventricule; immédiatement au-dessous on voit les quatre éminences rondes, analogues aux nates et testes dans notre cerveau; mais il n'y a point de glande pinéale. »

On voit par ces quelques passages combien déjà Camper était allé plus loin que ses devanciers; c'était un premier pas vers une étude sérieuse et raisonnée du cerveau des poissons. Quelques années après Camper, en 1766, Haller donna, dans un appendice au t. IV de ses *Éléments de physiologie* (1), une description détaillée du cerveau de la Carpe. La même année, il adressa à l'Académie de Harlem un Mémoire sur le cerveau des oiseaux et des poissons, mémoire qui fut inséré en 1768 dans le t. III de ses *Opera minora* (2). Dans ce second travail, Haller reproduisit sa description du cerveau de la Carpe, mais il y ajouta en même temps celle du cerveau du Cyprinus capito (Chevenne), de la Tanche, du Coregonus Ferra, du Brochet, de la Truite des lacs, de la Truite des Alpes, de la Perche et de la Mustèle.

Le travail de Haller est remarquable par le nombre et la richesse des détails qu'il renferme; il serait même juste de dire qu'il marque une phase nouvelle dans l'histoire du cerveau des poissons; en effet, l'auteur ne se borna plus seulement à une description des formes extérieures du cerveau, il chercha encore à pénétrer les moindres détails de sa structure et à poursuivre les origines des nerfs. Malheureusement Haller ne donna aucune figure à l'appui de ses observations, et bien souvent ses écrits sont difficiles à comprendre; peut-être aussi pourrait-on lui reprocher d'avoir fait usage de mauvaises dénominations, mais on sait qu'il n'avait pas l'intention d'y attacher l'idée de concordance des parties. Voici du reste quelles sont ces dénominations.

Il nomme *tubercula olfactoria superiora* les hémisphères, *thalamus nervi optici* les

(1) *Elementa physiologiæ*, 1766, t. IV; *Addenda*, p. 591.
(2) *Opera minora*, 1768, t. III; *Piscium cerebra*, p. 198.

lobes optiques, et *cerebellum* le cervelet. Pour les parties contenues à l'intérieur des lobes optiques, il désigne sous le nom de *torus semi-circularis* les renflements latéraux, et sous celui de *tubercula abscondita* les petits tubercules médians que Camper comparait aux nates et aux testes. Dans la Carpe, où les *tubercula abscondita* sont représentés par un renflement très-volumineux et d'une forme particulière, il appelle *cornua Ammonis* la portion extérieure ou corticale de ce renflement, et *tuberculus cordiformis* son noyau central. Le lobule médian situé entre les lobes du pneumogastrique (*tubercula striata reniformia intus cava*) se trouve désigné par l'expression assez malheureuse de *glandula pinealis*. Sur la face inférieure du cerveau, Haller cite, en outre de la glande pituitaire (*glandula pituitaria*), deux paires de tubercules, une première qu'il nomme: *tubercula reniformia*, *tubercula inferiora majora*, *tubercula inferiora exteriora*, ce sont les lobes inférieurs proprement dits, puis une seconde qu'il désigne par les expressions de: *tubercula inferiora minora*, *tubercula inferiora interiora*, *tubercula inferiora media*, *tubereula inferiora olfactoria*.

L'emploi de ces expressions variées appliquées à un même objet et le défaut de figures rendent souvent très-obscures les descriptions de Haller.

En 1776, Vicq-d'Azir publia sur l'anatomie des poissons deux Mémoires qui furent imprimés parmi ceux des savants étrangers présentés à l'Académie (t. VII, p. 233.) On y trouve figurés, mais d'une façon assez médiocre, les cerveaux du Congre, de l'Anguille, de la Carpe de mer ou Urac, de la Vive, de la Plie et du Turbot. L'auteur, du reste, ne paraît pas avoir eu d'idées bien arrêtées sur la nature des parties qui composent l'encéphale. Ainsi chez le Congre, il nomme *lobe antérieur impair* le lobe olfactif; *lobes pairs et antérieurs* les hémisphères, *lobes pairs moyens* les lobes optiques, et *cervelet* l'organe de ce nom. Il désigne sous le nom de *lobe impair inférieur et moyen* les lobes inférieurs. Dans la Plie, il considère les lobes optiques comme l'analogue des couches optiques.

En 1785, Monro, dans son *Anatomie des poissons* [1], donna d'assez bonnes figures du cerveau du Merlan (pl. 31) et de la Raie (pl. 34 et 37). Mais la partie de son texte où il traite du cerveau des poissons (p. 44) se trouve réduite à quelques lignes tout à fait dépourvues d'intérêt.

En 1788, Ebel, dans ses *Observations de névrologie* [2], donna des figures du Brochet, de la Carpe et du Silurus glanis. Il n'y a pas de texte correspondant, mais l'explication assez détaillée et peu concordante des planches suffit pour démontrer que l'au-

[1] *The structure and physiology of fishes explained and compared with those of man and other animals.* By Alexander Monro, 1785.

[2] *Observationes nevrologicæ ex anatome comparata.* Auctore Johanne Godofredo Ebel, 1788, avec 2 planches.

teur n'avait qu'une idée très-vague de son sujet. Ainsi, par exemple, dans la fig. 2, relative au Brochet, il nomme *colliculi nervorum olfactus* les hémisphères, *cerebrum proprie dictum* les lobes optiques, et *cerebellum* le cervelet.

Dans la fig. 3, relative à la Carpe il nomme, comme précédemment, *colliculi nervorum olfactus* les hémisphères; mais sous cette expression *lobi cerebri magni*, il comprend non plus seulement les lobes optiques, mais encore le cervelet, et comme conséquence de cette singulière détermination il applique le nom de *cervelet* aux lobes du pneumogastrique, et celui d'*eminentia quadrigemina* au lobule médian. Enfin, dans la fig. 4, relative au Silurus glanis, il regarde comme le cervelet trois paires de tubercules situés sur le fond du quatrième ventricule.

En 1789, Scarpa, dans ses *Recherches sur l'appareil auditif et olfactif* [1], donna des figures du cerveau de la Raie, du Brochet et du Squalus catulus, également sans d'autres explications que celles des planches. Il y nomme [2], chez le Brochet, les hémisphères *cerebri tubercula anteriora*, les lobes optiques *cerebri tubercula majora*, et *cerebellum* le cervelet.

En 1800, G. Cuvier donna dans ses *Leçons d'anatomie comparée* (t. III, p. 166) une courte description du cerveau des poissons; à l'exemple de Camper, il considéra les lobes optiques comme les vrais hémisphères, et comme les quadrijumeaux les tubercules qu'ils renferment; il nomma *corps cannelé* chaque renflement semi-lunaire avec son irradiation médullaire. Pour la première fois, il regarda les lobes inférieurs comme l'analogue des couches optiques. On trouve dans le t. V du même ouvrage (pl. 17 et 18) des figures détaillées des cerveaux de la Carpe, de l'Anguille et du Tetraodon mola.

En 1813, Apostolus Arsaky soutint à Halle une thèse ayant pour titre: *De piscium cerebro et medulla spinali dissertatio inauguralis.* Ce travail est accompagné de trois planches, où se trouvent grossièrement figurés les cerveaux d'un assez grand nombre d'espèces [3]. Malgré la défectuosité des figures et la brièveté du texte, le travail d'Arsaky n'en est pas moins celui d'un bon observateur, et je trouve que Götsche s'est complétement mépris sur sa valeur dans l'appréciation qu'il en donne au début de son Mémoire sur le cerveau des poissons osseux. Dans ce peu de pages que renferme son Mémoire, Arsaky a non-seulement entrevu plusieurs faits importants d'anatomie, mais il est le premier qui ait cherché à déterminer les lobes de l'encé-

(1) *Anatomicæ Disquisitiones de auditu et olfactu.* Auctore Antonio Scarpa, 1789, avec de belles figures.

(2) Voy. la figure du Brochet dans la planche 2.

(3) Du Congre, du Xiphias, du Merlus, de la Mustèle, de l'Uranoscope, de la Cépole, de la Rascasse, de la Dorée, de la Sole, de la Castagnole, du Sargue, de la Saupe, du Bogue, du Saurel, du Surmulet, du Grondin, du Poisson-Lune, du Requin, du Marteau, de la Roussette et de la Raie.

phale, en comparant le cerveau des poissons à celui des embryons des animaux supérieurs. Il arriva ainsi à considérer les lobes optiques comme l'analogue des tubercules quadrijumeaux ([1]), et ceux qui se trouvent en avant d'eux comme l'analogue des hémisphères ; il regarda les lobes olfactifs comme une dépendance de ces hémisphères. Il ne pouvait se méprendre sur la nature du cervelet. Quant aux lobes inférieurs, il crut pouvoir les assimiler aux éminences mamillaires.

Arsaky, je le répète, fit faire un pas considérable à la science en assimilant les lobes optiques aux tubercules quadrijumeaux, car cette détermination entraînait naturellement à sa suite celle des hémisphères et des autres parties appartenant à la face supérieure de l'encéphale. L'idée d'Arsaky a été combattue, abandonnée, puis reprise, puis développée; mais au fond il est permis d'affirmer que depuis lui la question n'a pas sensiblement changé de face.

De nombreux travaux succédèrent à celui d'Arsaky; en 1814 parut un Mémoire de Carus sur le système nerveux ([2]) avec un chapitre sur l'encéphale des poissons. On y trouve représentés les cerveaux du Muræna anguilla, de l'Esox Lucius, du Cyprinus carpio, de l'Echeneis Remora, du Cobitis fossilis, du Clupea Harengus, et du Raja Torpedo. Les descriptions sont détaillées, mais les figures qui s'y rapportent sont d'un dessin très-médiocre, et accompagnées en outre d'explications peu claires.

Carus adopta à peu près les déterminations d'Arsaky: ainsi il nomma *lobes optiques* (*Sehhügel*) les renflements situés en avant du cervelet, et il les compara à la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux de l'homme.

Il désigna sous le nom de *ganglions du nerf olfactif* (*Riechnerven-Ganglien*) la série de renflements situés en avant du lobe optique, et regarda comme l'analogue des hémisphères la paire postérieure, celle qui se trouve immédiatement au devant du lobe optique ([3]).

Enfin il considéra les lobes inférieurs simplement comme une expansion de l'*infundibulum* proportionnée au volume du corps pituitaire.

Quant aux renflements situés à l'intérieur du lobe optique, il nomma *ganglions intérieurs et antérieures du lobe optique* (*Vordere innere Ganglien des Sehhügels*) les

([1]) Il s'exprime ainsi : « Quæ nos sic sentire cogunt, hæc sunt : 1° forma situsque horum tuberculorum ; 2° ortus nervorum opticorum ex ipsis ; 3° respectus ad evolutionem cerebri in embryonibus altiorum animalium » (p. 36).

([2]) *Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns*, von Carl. Gustav Carus. Leipzig 1814 (*Gehirn der Fische*, p. 134, tab. 2).

([3]) Dans l'Anguille, Carus a figuré trois paires de ganglions olfactifs, et les a désignés de la façon suivante : il nomme la paire postérieure, celle qui représente les hémisphères, *wahre Riechnerven-Ganglien* (*die den Hemisphären des grossen Hirns entsprechenden Theile*) ; la paire qui est plus en avant, *das mittlere oder zweite Paar der Riechnerven-Ganglien;* la paire antérieure, *das vorderste Dritte.*

renflements semi-lunaires ou *tori semicirculares* de Haller; et *ganglions intérieurs et postérieurs du lobe optique* (*Hintere innere Ganglien des Sehhügels*) les petits tubercules médians (*tubercula abscondita* de Haller), comparables aux quadrijumeaux de l'homme. Carus regarda les renflements semi-lunaires comme de véritables ganglions de la troisième paire ou des nerfs des muscles de l'œil, parce qu'il lui est arrivé chez le brochet de suivre le nerf moteur oculaire jusque dans l'intérieur de ces renflements.

En 1817, Weber donna, dans la pl. V de son *Anatomie comparée du nerf sympathique* (1), une figure du cerveau du Cyprinus carpio, mais sans autre détail que l'explication des planches. Cette explication suffit, du reste, pour montrer que l'auteur n'avait que des idées peu exactes sur la nature des parties qu'il représentait. Ainsi il nomme *ganglion nervi olfactorii* les hémisphères, *hemisphæria* les lobes optiques, *corpus quadrigeminum seu impar majus* le cervelet, *ganglion impar minus* le lobule médian de la moelle allongée, et *cerebellum* les lobes du pneumogastrique.

En 1827, il figura de nouveau, dans le *Archiv de Meckel* (2), le cerveau de la Carpe, et donna, en outre, celle du Silurus glanis. Il modifia un peu ses premières déterminations; ainsi, dans la Carpe, il appela le cervelet *éminence impaire antérieure du cervelet* (*vorderer unpaarer Hügel des kleinen Gehirns*), et le lobule médian de la moelle allongée *éminence impaire postérieure du cervelet* (*hinterer unpaarer Hügel des kleinen Gehirns*). Quant aux lobes du pneumogastrique, il les désigna simplement par cette expression : *renflements latéraux de la moelle allongée.*

En 1820, Kuhl (Heinrich) (3) donna des figures du cerveau des Squalus acanthias, Gadus æglefinus, Cyclopterus Lumpus, Lophius piscatorius, Anarrhichas. Ces figures sont extrêmement défectueuses. Il nomma *hemisphærium* les lobes optiques, *corpora quadrigemina* les tubercules situés à l'intérieur de ces lobes, *corpus striatum* le renflement semi-lunaire, *cerebellum* le cervelet, *corpus mamillare* les lobes inférieurs.

La même année (1820), Treviranus donna, dans les *Mélanges d'anatomie et de physiologie* (4), une description assez détaillée du cerveau des poissons (5), mais sans figures à l'appui.

La même année encore (1820), parut un travail de Fenner sur le crâne, l'encé-

(1) *Anatomia comparata nervi sympathici*. Auctore Ernesto Henrico Weber. Lipsiæ 1817.

(2) *Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1827, p. 309.

(3) *Beiträge zur Zoologie und vergleichenden Anatomie.*

(4) *Vermischte Schriften anatomischen und physiologischen Inhalts*, von G. R. Treviranus und L. C. Treviranus. Bremen 1820, t. III.

(5) *Untersuchungen über den Bau und die Functionen des Gehirns, der Nerven und der Sinneswerkzeuge in den verschiedenen Classen und Familien des Thierreichs*, von G. R. Treviranus, ch. IV, p. 44 (*Fische*).

phale et les nerfs cérébraux des poissons (1). L'auteur adopta les déterminations de Cuvier; ainsi il nomma *hemisphæria cerebri* les lobes optiques, *lobuli anteriores* les hémisphères, et *thalami nervorum opticorum* les lobes inférieurs; enfin il appela *corpora striata* les renflements semi-lunaires, et *corpora quadrigemina* les petits tubercules intérieurs analogues aux quadrijumeaux de l'homme.

En 1821, l'Académie des sciences avait proposé pour sujet de l'un de ses prix la description comparative de l'encéphale dans les quatre classes de vertébrés. MM. Serres et Desmoulins concoururent isolément pour ce prix; l'auteur couronné fut M. Serres, dont le travail fut publié de 1824 à 1827 (2).

Le travail de M. Serres est basé en entier sur l'embryogénie comparée; l'auteur s'attacha surtout à démontrer que les formes transitoires de l'encéphale des embryons chez les vertébrés supérieurs, et les formes permanentes de cet organe chez les vertébrés inférieurs sont la répétition les unes des autres. A l'égard du cerveau des poissons, il adopta les déterminations d'Arsaky; ainsi le grand volume et la cavité des tubercules quadrijumeaux dans les fœtus de mammifères le déterminèrent à considérer les lobes placés au devant du cervelet comme les analogues de ces tubercules; il les nomma *lobes optiques*; il donna le nom d'*hémisphères* aux lobes situés au devant des précédents, et celui de *lobules olfactifs* aux tubercules qui précèdent les hémisphères. Cependant il s'éloigna d'Arsaky quant à la manière d'envisager les lobes inférieurs, qu'il considéra non plus comme des tubercules mamillaires, mais comme une dépendance du nerf de la vision, et qu'il nomma, en conséquence, *lobules optiques*.

L'ouvrage de M. Serres est accompagné d'un *Atlas* où se trouvent représentés les cerveaux d'un grand nombre d'espèces (3).

Le travail de Desmoulins, auquel prit part M. Magendie, fut publié en commun, en 1825, sous le titre suivant: *Anatomie des systèmes nerveux des animaux à vertèbres.* Ce travail n'offre rien de particulier, l'auteur ayant adopté complétement les idées d'Arsaky sur la détermination des différents lobes. L'*Atlas* qui accompagne l'ouvrage renferme des figures du cerveau d'un assez grand nombre d'espèces de poissons (4).

(1) C. W. H. Fenner, *De anatomia comparata et naturali philosophia commentatio sistens descriptionem et significationem cranii, encephali, et nervorum encephali in piscibus,* avec 1 planche. Ienæ 1820.

(2) *Anatomie comparée du cerveau dans les quatre classes des animaux vertébrés, appliquée à la physiologie et à la pathologie du système nerveux*, par E. R. A. Serres. Paris 1827.

(3) De la Raie, du Requin, de l'Ange, de l'Aiguillat, de l'Esturgeon, du Congre, de l'Anguille, de la Morue, du Merlan, de l'Aigrefin, du Turbot, de la Sole, de la Carpe, du Barbeau, de la Tanche, du Brochet, de la Perche, du Grondin et de la Baudroie.

(4) De la Raie bouclée, de la Carpe, de la Raie ronce, du Squalus galeus, de la Lamproie, du Squalus catulus, du Tetraodon mola (poisson lune), de la Torpille, de l'Esturgeon, du Mulet, du Rouget (*Triglo-lyra*), de la Morue, de la Lotte, du Lump (*Cyclopterus lumpus*), de la Vive, du Merlan, du Barbeau, du Turbot et du Congre.

Les idées d'Arsaky, confirmées par les recherches de M. Serres et acceptées par Desmoulins et Magendie, semblaient avoir définitivement prévalu dans la science, lorsque parut, en 1828, l'ouvrage de Cuvier et Valenciennes sur l'*Histoire naturelle des poissons* (voy. t. I). Ce qui paraissait admis fut de nouveau remis en question et savamment discuté; finalement les auteurs inclinèrent encore à regarder les lobes optiques, qu'ils nommèrent *lobes creux*, comme les représentants des hémisphères.

Au point de vue purement anatomique, le travail de Cuvier est entièrement dépourvu d'intérêt; non-seulement on n'y découvre aucun fait nouveau, mais même un grand nombre de faits déjà signalés précédemment y sont passés sous silence; ainsi il n'est fait aucune mention du système des commissures, sur lesquelles Haller avait jadis appelé l'attention. Des figures du cerveau de la Perche fluviatile accompagnent ce travail, auquel se trouve joint également un historique assez complet de la question.

En 1831 parut un Mémoire assez étendu de G. R. Treviranus[1], dans lequel l'auteur, après avoir combattu les vues de M. Serres, s'arrêta aux déterminations suivantes : il nomma *hémisphères antérieurs* (*vordere Hemisphären*) les hémisphères proprement dits, et *hémisphères postérieurs* (*hintere Hemisphären*) les lobes optiques; il regarda comme l'analogue des tubercules quadrijumeaux les tubercules intérieurs du lobe optique, et il compara au *thalamus opticus* le renflement semi-lunaire qui borde ces tubercules de chaque côté. Quant aux lobes inférieurs, il les considéra comme les *eminentiæ candicantes* des mammifères.

Ce travail est accompagné d'assez belles figures, qui représentent le cerveau des Pleuronectes Platessa, Cyclopterus Lumpus et Salmo salar.

En 1832, Carolus-Marinus Giltay, dans une dissertation intitulée: *Commentatio de Esoce Lucio*, représenta le cerveau du Brochet avec assez d'exactitude, mais seulement les parties extérieures. Il nomma *ganglia olfactoria* les tubercules olfactifs, *hemisphæria* les hémisphères, *lobuli optici* les lobes optiques, *cerebellum* le cervelet, *appendices laterales* les lobes latéraux du cervelet, *ganglia hypophysis* les lobes inférieurs.

En 1835, C. M. Göttsche publia, dans le *Archiv de Müller*, un Mémoire très-étendu sur l'anatomie comparée du cerveau des poissons osseux. Depuis Haller, c'est le travail le mieux étudié et le plus riche en faits qui ait paru sur la question; on y trouve aussi un grand nombre de détails historiques intéressants. L'auteur paraît avoir accepté à peu près complétement les vues émises par Cuvier au sujet de la détermination des différents lobes. De nombreuses figures se trouvent jointes au texte.

(1) Voy. Tiedemann et Treviranus, *Zeitschrift für Physiologie*, 1831, t. IV, p. 39. — *Ueber die hintern Hemisphären des Gehirns der Vögel, Amphibien und Fische.*

En 1839, Rodolphe Wagner, dans ses *Icones physiologicæ* (tab. XXIII), donna d'assez bonnes figures des cerveaux du Squalus acanthias et du Petromyzon Planeri, mais sans aucun détail anatomique.

En 1841, le même auteur représenta, dans ses *Icones zootomicæ* (tab. XXII), le cerveau des Cyprinus carpio, Scyllium canicula, Perca fluviatalis et Petromyzon marinus. Ces figures ne sont relatives qu'aux parties extérieures.

En 1842 parut, dans le *Archiv de Müller*, un Mémoire de Valentin ayant pour titre: *Ueber das centrale Nervensystem und die Nebenherzen der Chimæra monstrosa*(1). Ce Mémoire est assez détaillé et accompagné de bonnes figures; malheureusement l'auteur est tombé dans l'erreur en décrivant comme complet un cerveau dont les tubercules olfactifs et les hémisphères avaient été déchirés. Il est arrivé ainsi à des déterminations assez étranges.

Ce travail de Valentin a été rectifié par Müller (*Müller's Archiv*, 1843; *Jahresbericht*, p. CCLIII) et par Rod. Wagner (*Lehrbuch der Anatomie der Wirbelthiere*, 2e édit., p. 239).

L'ouvrage de Wagner que je viens de citer renferme une description générale du cerveau des poissons.

En 1842 également, parut un Mémoire de Vogt sur l'embryologie des Salmones, ce Mémoire se trouve dans l'*Histoire naturelle des poissons d'eau douce de l'Europe centrale*, publiée par Agassiz. Le développement de l'encéphale y est exposé avec beaucoup de soin.

En 1843, Stannius publia dans le *Archiv de Müller* un Mémoire assez étendu sur la structure du cerveau de l'Esturgeon (*Ueber den Bau des Gehirns des Störs*, p. 36, pl. 3). D'assez bonnes figures se trouvent jointes au texte. Voici les déterminations auxquelles l'auteur s'est arrêté: il nomme *tubercula olfactoria* les tubercules olfactifs, *lobi olfactorii* les hémisphères, *thalami optici* les tubercules pédonculaires, *lobi optici* les lobes optiques, *cerebellum* le cervelet.

En 1844, Paul Savi donna, dans le *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*, publié en collaboration avec Matteuci, une très-bonne anatomie du cerveau de la Torpille. La moelle allongée a été surtout étudiée avec un soin digne d'éloges; les figures qui accompagnent le texte sont excellentes.

Une note de M. Robin, publiée dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1849, renferme quelques détails intéressants sur l'origine de la cinquième paire chez la Lamproie.

Un résumé de l'anatomie du cerveau des poissons se trouve dans le *Manuel d'anatomie comparée* de Siebold et Stannius (Paris, 1849).

(1) P. 25, pl. II.

Un exposé très-méthodique, avec une synonymie fort détaillée pour chacune des parties dont l'encéphale des poissons d'eau douce de notre pays se compose, a été donné, en 1850, par M. Klaatsch (*De cerebris piscium Ostacantharum aquas nostras incolentium*) (¹).

En 1852, MM. Philipeaux et Vulpian publièrent (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences,* t. XXXIV, p. 537) un Mémoire dont le but était, disaient-ils, « de montrer que l'encéphale des poissons est composé des mêmes parties que celui des animaux vertébrés supérieurs, et que ces parties, à très-peu de différences près, sont disposées de la même façon. » Ces savants ayant eux-mêmes reconnu depuis qu'ils s'étaient mépris relativement à quelques-unes des interprétations énoncées par eux, nous croyons inutile d'insister sur leur travail. Le mémoire qu'ils ont présenté à l'Académie en 1862, est resté inédit.

En 1853, C. G. Carus donna (*Tabulæ anatomiam comparativam illustrantes*, 8ᵉ partie, tab. IV) d'assez bonnes figures du cerveau des Lucioperca sandra, Clupea Harengus, Esox Lucius, Petromyzon marinus, Cyprinus rutilus, Cyprinus Carpio, Squalus Mustelus.

Au mois d'avril 1865, M. Hollard publia, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (t. LX, p. 768), un extrait d'un travail ayant pour titre: *Recherche sur la structure de l'encéphale des poissons et sur la signification homologique de ses différentes parties.* « Je pense, dit l'auteur, que les lobes inférieurs des poissons sont leurs corps striés, les lobes supérieurs creux des couches optiques, et les antérieurs des hémisphères réduits à la région du quadrilatère et à celle de l'*insula.* » Quant aux petits tubercules situés à l'intérieur des lobes creux, il les nomme *tubercules géminés* et il les regarde comme l'analogue des quadrijumeaux.

Tout récemment enfin (juillet 1865), M. A. Duméril a donné, dans le premier volume de son *Histoire naturelle des poissons*, un résumé très-succinct de l'anatomie du cerveau des poissons cartilagineux et osseux. Au texte se trouvent jointes de bonnes figures du cerveau de la Raie bouclée (*Raja clavata*), de l'Ange (*Squatina vulgaris*), de l'Émissole (*Mustelus vulgaris*), de l'Aiguillat (*Acanthias vulgaris*), de la Torpille (*Torpedo marmorata*), de la Brême et du Congre.

(¹) N'ayant pu me procurer le Mémoire de Klaatsch, j'emprunte cette note à l'ouvrage de M. A. Duméril.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU CERVEAU.

Lorsqu'on ouvre le crâne des poissons osseux, on reconnaît que chez la plupart d'entre eux le cerveau ne remplit qu'imparfaitement la boîte crânienne, le reste de cette cavité étant occupé par un tissu cellulaire très-lâche dont les mailles emprisonnent une matière huileuse plus ou moins abondante. Il existe toutefois à cet égard des différences très-prononcées: ainsi, chez certains poissons, tels que le Merlan, la Lotte, le Brochet, le cerveau remplit presque entièrement la cavité du crâne et la matière cellulo graisseuse est peu abondante; dans d'autres espèces, au contraire, comme la Carpe, la Tanche, le Saumon, les Cyprins en général, le cerveau est enfoui profondément au-dessous d'une couche épaisse de tissu graisseux. Lorsqu'on vient à déchirer sous l'eau ce tissu, on voit aussitôt des gouttelettes d'une huile limpide s'en échapper et venir flotter à la surface; cette huile est généralement incolore; quelquefois cependant elle est de couleur rosée; chez le Congre, le tissu graisseux qui environne le cerveau est blanchâtre et d'une consistance assez ferme.

Chez les Squales et les Raies, le cerveau n'occupe également qu'une partie de la cavité du crâne, dont le reste se trouve rempli par de la sérosité plus ou moins épaisse.

Les dimensions relatives du cerveau par rapport à la cavité du crâne varient aussi avec l'âge; ainsi, chez les très-jeunes poissons, le cerveau remplit complétement ou à peu près la cavité céphalique et il n'y a pas de tissu graisseux interposé; on peut aisément s'assurer de ce fait en examinant de jeunes Saumons qui viennent d'éclore; on verra que la voûte du crâne est appliquée immédiatement sur la masse cérébrale tandis que chez les Saumons adultes ces mêmes parties cessent d'être en contact immédiat. On peut conclure de là que le cerveau ne croît pas en proportion avec les autres parties du corps, fait qui du reste est aussi démontré par l'expérience directe, car en prenant, par exemple, deux poissons dont l'un est double de l'autre, on voit que le cerveau du premier est loin d'être le double de celui du second.

En outre du tissu graisseux dont je viens de parler, le cerveau est encore enveloppé de plusieurs membranes, dont l'une, extérieure et assez résistante, correspond à la dure-mère, tandis que l'autre, beaucoup plus délicate et appliquée immédiatement sur l'encéphale, représente la pie-mère; je ne puis décider pour le moment s'il existe une membrane correspondant à l'arachnoïde.

La dure-mère est placée immédiatement au-dessous de la paroi du crâne; c'est une membrane assez résistante et offrant des couleurs généralement variées dues au pigment qu'elle renferme. Ce pigment est souvent noir; chez certains poissons, le Brochet par exemple, il forme un piqueté nuancé de noir, de jaune et d'or.

La pie-mère s'aperçoit très-aisément à cause des nombreux vaisseaux qu'elle renferme; elle adhère au cerveau d'une manière assez intime pour que sur des pièces fraîches il soit très-difficile de l'isoler; elle s'enlève, au contraire, très-aisément sur des préparations qui ont séjourné quelque temps dans du liquide salin (1). Cette membrane s'étend comme un pont au-dessus du quatrième ventricule et elle envoie divers prolongements à l'intérieur du cerveau.

Chez les Esturgeons, les Raies et les Squales, le cerveau étant entouré d'un tissu cellulo-fibreux très-résistant, la pie-mère est moins apparente.

Lorsqu'on a enlevé les membranes et la graisse qui recouvrent le cerveau, on aperçoit les lobes de l'encéphale disposés ordinairement chez les poissons osseux à la manière d'un double chapelet. En examinant le cerveau par sa face supérieure, on aperçoit d'abord en arrière une saillie impaire et médiane qui recouvre la moelle allongée : c'est le cervelet. En avant du cervelet existe une paire de lobes, d'où naissent les nerfs optiques et qui sont toujours creux à l'intérieur : ce sont les lobes optiques ou tubercules bijumeaux.

Lorsqu'on ouvre les lobes optiques, on aperçoit dans leur intérieur divers renflements qu'il importe de signaler; l'un d'eux, situé en arrière et sur la ligne médiane, a été à diverses reprises considéré par les anatomistes comme le représentant des tubercules quadrijumeaux; il est ordinairement composé de plusieurs petites éminences disposées par paires les unes derrière les autres; je nomme ce renflement *éminence lobée*. De chaque côté de ce renflement médian on aperçoit deux autres renflements en forme de croissant, dont le bord externe donne naissance à des fibres blanches radiées qui s'étalent sur la face interne du lobe optique; ils ont reçu le nom *de renflements semi-lunaires* ou *demi-circulaires*. Sur le milieu du plancher du lobe optique se trouve un sillon longitudinal. A l'extrémité postérieure de ce sillon la cavité du lobe optique communique avec le quatrième ventricule au moyen d'un canal qui passe au-dessous du cervelet et qui a reçu le nom d'*aqueduc de Sylvius;* je le désignerai sous le nom d'*aqueduc postérieur*, par opposition à un autre petit canal que je nomme *aqueduc antérieur* et qui fait communiquer en avant le lobe optique avec l'espace interpédonculaire.

Au-dessus de l'aqueduc antérieur on aperçoit à l'intérieur du lobe optique la commissure antérieure, au niveau de laquelle se trouve ordinairement l'entrée de l'infundibulum. Enfin, sur le milieu de la voûte du lobe optique, s'étale une lame nerveuse allongée en forme de triangle ou de quadrilatère; je la désigne par l'expression de *lame commissurale*.

En avant des lobes optiques se trouve une paire de renflements solides reliés entre

(1) Mélange d'eau, d'alun et de sel marin.

eux par une commissure blanche très-étroite : ce sont les lobes cérébraux ou hémisphères; la commissure qui les réunit a reçu le nom de *commissure interlobulaire.*

Il existe en général une paire de tubercules olfactifs immédiatement au devant des hémisphères; dans quelques cas cependant, les tubercules olfactifs se trouvent reportés en avant au sommet des nerfs de l'odorat.

Lorsqu'on écarte les lobes optiques des hémisphères, on aperçoit au fond de l'intervalle qui les sépare deux pédoncules s'avançant à peu près parallèlement et que leur situation permet de considérer comme les pédoncules cérébraux; entre eux se trouve une gouttière profonde que je désigne sous le nom d'*espace interpédonculaire.* Sur le bord supérieur de chaque pédoncule cérébral on aperçoit en arrière un petit tubercule un peu aplati, désigné par Göttsche sous le nom de *tubercule intermédiaire*, mais pour lequel je préfère celui de *tubercule pédonculaire*, comme étant de nature à mieux indiquer ses rapports. Entre les deux tubercules pédonculaires s'étend une commissure transversale très-mince, le *commissura tenuissima* de Göttsche, et pour nous la *commissure grêle.*

Enfin, on aperçoit encore entre les lobes optiques et les hémisphères un petit corps arrondi, la glande pinéale.

Lorsqu'on examine le cerveau par sa face inférieure, on aperçoit, en allant d'avant en arrière, d'abord la face inférieure des tubercules olfactifs, puis celle des hémisphères. En arrière des hémisphères se trouve l'entre-croisement des nerfs optiques, dont la base présente une commissure transversale, la commissure de Haller. Plus en arrière encore existent deux lobes volumineux, généralement ovalaires, désignés sous le nom de *lobes inférieurs;* ces lobes s'écartent en avant pour circonscrire un petit espace de forme triangulaire (le trigonum fissum) sur le milieu duquel s'insère l'*hypophyse*; derrière celle-ci on aperçoit entre les deux lobes inférieurs un petit appendice vasculo-membraneux, le *sac vasculaire.*

Au-delà des lobes inférieurs s'étend la face inférieure de la moelle allongée. Lorsqu'on écarte les lobes inférieurs de cette dernière partie, on aperçoit une commissure transversale ayant la forme d'un X couché en travers; cette commissure a été désignée par Göttsche sous le nom de *commissura ansulata;* je la nomme *commissure antérieure des pyramides.* Enfin, vers son extrémité postérieure, la face inférieure de la moelle allongée présente une série de fibres transversales recourbées en avant; je les appelle *fibres arciformes.*

Les nerfs crâniens sont remarquables par la ressemblance qu'ils offrent avec ce que l'on observe dans les classes supérieures. La première paire naît des tubercules olfactifs, ou, quand ceux-ci manquent, de l'extrémité antérieure des hémisphères; la

deuxième paire émane toujours des lobes optiques; la troisième paire prend son origine sur la face inférieure du cerveau, au-dessous et en arrière des lobes inférieurs, elle se distribue à tous les muscles de l'œil, moins l'oblique supérieur et l'abducteur; la quatrième paire (pathétique) naît entre les lobes optiques et le cervelet, ses fibres se portent au muscle oblique supérieur de l'œil; la cinquième paire (trijumeau) est formée de plusieurs troncs volumineux qui naissent sur les côtés du bulbe, un peu en arrière du lobe optique, elle est composée d'éléments moteurs et sensitifs, elle se distribue à toutes les parties de la face et aux muscles masticateurs. La sixième paire naît de la face inférieure des pyramides et se porte au muscle abducteur. La septième paire (facial) est en général confondue avec la cinquième. La huitième paire (auditif) prend son origine en arrière et un peu au-dessous de la cinquième, elle est généralement très-volumineuse et composée de plusieurs branches qui se distribuent aux différentes parties de l'oreille. La neuvième paire (glosso-pharyngien) est représentée par un nerf grêle qui naît du bulbe un peu en arrière du nerf acoustique. La dixième paire (pneumogastrique) se compose à son origine de deux troncs séparés et volumineux dont les branches terminales se ramifient presque en totalité dans l'appareil branchial.

Après avoir énuméré les diverses parties qui entrent dans la composition du cerveau, je vais passer maintenant à la description détaillée de chacune de ces parties.

DE LA MOELLE ALLONGÉE.

Chez les mammifères, les limites de la moelle allongée (bulbe rachidien) sont très-nettement déterminées; on sait que ce sont d'une part l'entre-croisement des faisceaux des pyramides, et de l'autre le rebord inférieur de la protubérance annulaire; ces parties n'existant plus chez les poissons, l'expression de *moelle allongée* devient chez eux une expression vague et qu'il est nécessaire de préciser; nous désignerons désormais sous ce nom cette partie renflée de la moelle qui se trouve comprise entre les origines des nerfs trijumeaux et pneumogastrique inclusivement.

Chez le Brochet, la moelle allongée se présente sous l'aspect d'un renflement conique, de volume médiocre, recouvert presque en entier par le cervelet et dont le sommet se continue insensiblement avec la moelle dorsale. Lorsqu'on soulève en avant le cervelet, on aperçoit, sur le milieu de la face postérieure du bulbe, la cavité du quatrième ventricule; cette cavité se trouve limitée de chaque côté par un bord épais et arrondi, elle se continue en arrière avec le canal central de la moelle.

Lorsqu'on écarte les parois du quatrième ventricule de manière à les étaler, on aperçoit sur le fond et de chaque côté du sillon médian un faisceau blanc longitudinal qui se prolonge en arrière à l'intérieur du canal de la moelle et se continue en avant sur le fond de l'aqueduc de Sylvius; ce faisceau appartient à la pyramide antérieure; je le désignerai sous le nom de *faisceau ventriculaire médian*.

En dehors de ce faisceau et un peu sur le côté du ventricule on voit un second faisceau longitudinal, légèrement saillant, formé aussi en grande partie de substance blanche; ce faisceau s'effile en avant et disparaît un peu avant d'atteindre la limite antérieure du ventricule; il se renfle, au contraire, en arrière et se continue avec la pyramide postérieure [1] en circonscrivant la pointe du quatrième ventricule; je l'appellerai *faisceau ventriculaire latéral*.

La face inférieure de la moelle allongée est légèrement convexe; on aperçoit sur le milieu un sillon longitudinal, qui fait suite au sillon antérieur de la moelle; le fond de ce sillon est occupé par de la substance grise, à travers laquelle pénètrent de distance en distance de petits filets vasculaires. De chaque côté s'étale une large surface occupée par de la substance blanche, dont les fibres affectent une disposition légèrement rayonnante. Les plus externes de ces fibres s'inclinent en dehors et montent obliquement sur les faces latérales du bulbe; quelques-unes se portent vers les origines du trijumeau; d'autres se dirigent plus en avant vers la base du cervelet.

[1] Chez le Brochet, les pyramides postérieures sont très-bien marquées; au voisinage du bulbe, elles se renflent d'une manière sensible et elles se dessinent à la surface de la moelle par un léger relief.

En arrière, la face inférieure du bulbe présente un certain nombre de fibres blanches transversales, dont les extrémités se recourbent en avant et remontent sur les faces latérales du bulbe; je leur donne le nom de *fibres arciformes*.

Enfin nous mentionnerons encore sur cette face inférieure les origines des nerfs de la sixième paire. Ces nerfs naissent de chaque côté, et un peu en dehors du sillon médian, par une paire de filets très-grêles qui se réunissent presque aussitôt pour constituer un tronc unique d'un faible volume.

Les faces latérales de la moelle allongée offrent un grand intérêt à cause du nombre et de l'importance des nerfs qui s'y implantent. Ces nerfs sont ceux des cinquième, huitième, neuvième et dixième paires. Nous commencerons par l'étude de la cinquième.

La cinquième paire est constituée à son origine par deux racines distinctes: l'une antérieure, l'autre postérieure; la racine antérieure est d'un volume médiocre, elle naît immédiatement en arrière du bord postérieur du lobe optique; la racine postérieure l'emporte beaucoup en volume sur la première, elle s'insère un peu en arrière d'elle. Au premier abord on pourrait croire cette racine postérieure formée d'un seul faisceau; mais en la considérant avec attention, on reconnaît qu'elle est en réalité constituée par trois faisceaux distincts : l'un très-considérable qui à lui seul constitue cette branche presque tout entière, et les deux autres très-grêles placés l'un en dessus et l'autre en dessous du faisceau principal. Pour faciliter la description, je désignerai désormais ces trois faisceaux sous le nom de *faisceau principal*, *faisceau grêle supérieur*, *faisceau grêle inférieur*.

Voici quels ont été les résultats de mes recherches relativement à l'origine de ces diverses branches:

La racine antérieure du trijumeau m'a paru constituée par deux ordres de fibres au moins; les unes se portent en dedans et se perdent dans l'épaisseur des parois ventriculaires; les autres se réunissent pour constituer un faisceau blanc assez volumineux qui se porte en arrière dans l'épaisseur des parois du bulbe, en passant en dedans des origines du nerf acoustique. Ce faisceau s'isole avec facilité; on voit qu'il se continue en arrière avec le cordon latéral de la moelle.

Les trois faisceaux qui constituent la racine postérieure possèdent une origine différente.

Le faisceau principal m'a paru naître au voisinage de son point d'implantation, car ses fibres se dissocient dès son entrée dans la moelle allongée, et se perdent aussitôt dans la matière grise environnante.

Le faisceau grêle supérieur, placé sur le bord supérieur du faisceau principal; ses fibres, au lieu de s'éparpiller comme celles du faisceau principal à leur entrée

dans la moelle allongée, restent groupées en un petit faisceau très-nettement circonscrit, et d'une grande blancheur. Ce petit faisceau se porte en arrière et en dedans et traverse toute l'épaisseur des parois du bulbe pour gagner l'intérieur du quatrième ventricule. Arrivé en ce point, il se recourbe en arrière et se continue avec le faisceau ventriculaire latéral; or, comme ce dernier faisceau émane de la pyramide postérieure et du cordon latéral de la moelle, il en résulte que le faisceau grêle supérieur est un rameau sensitif.

Le faisceau grêle inférieur pénètre dans la moelle au-dessous du faisceau principal, et se porte directement en dedans dans l'épaisseur des parois ventriculaires; arrivé à l'intérieur du quatrième ventricule, il chemine dans le plancher de cette cavité, gagne le bord externe du faisceau ventriculaire médian, se recourbe en arrière et se confond avec ce même faisceau. L'origine de ce faisceau indique parfaitement sa nature; c'est un filet moteur, et nous devons le considérer ou comme le représentant du facial ou comme l'équivalent de la racine motrice du trijumeau chez les mammifères. Remarquons encore que ce faisceau, aussi bien que le faisceau grêle supérieur, remonte de la moelle et qu'il paraît avoir une origine spinale, en grande partie du moins.

Le nerf auditif naît en arrière et au-dessous de la branche postérieur du trijumeau; il est d'un volume considérable et se compose toujours de plusieurs faisceaux qui se distribuent aux diverses parties de l'oreille. Les origines de ce nerf sont difficiles à préciser; dès leur entrée dans la moelle, ses fibres se perdent au milieu de la matière grise environnante, à travers laquelle il devient impossible de les poursuivre; il est probable que c'est là qu'elles prennent leur origine et que le nerf auditif est un nerf essentiellement bulbaire.

Le nerf glosso-pharyngien naît au-dessous et un peu en arrière de la branche antérieure du pneumogastrique. Ce nerf se compose à son origine de deux ou trois petites racines; l'une d'elles se dirige transversalement dans l'épaisseur des parois du bulbe, gagne le bord externe du faisceau ventriculaire latéral et se confond avec lui.

Le nerf pneumogastrique naît par deux racines qui émergent de la moelle allongée, à deux millimètres environ l'une derrière l'autre. La racine antérieure prend une partie de ses origines au point de la moelle où elle s'implante; elle paraît aussi recevoir quelques fibres d'un faisceau blanc qui descend du cervelet et passe au-dessus de son bord supérieur.

La racine postérieure naît de la moelle allongée par trois ou quatre filets grêles, au niveau de l'extrémité postérieure du quatrième ventricule. Ces divers filets peuvent être poursuivis à une certaine distance dans l'épaisseur du bulbe; quelques-uns s'avancent jusque vers la paroi intérieure du quatrième ventricule et se confondent avec

le faisceau ventriculaire latéral; j'ai vu l'un d'eux se porter en arrière à la surface de la moelle et aller se jeter dans la pyramide postérieure.

De la moelle allongée du Congre (*Murœna conger.*) Chez le Congre, la moelle allongée présente quelques particularités qui n'existent pas chez le Brochet. Le cervelet, qui est très-court, ne recouvre plus qu'une portion de sa face postérieure; les bords latéraux du quatrième ventricule, qui sont séparés chez le Brochet, se trouvent rapprochés et soudés sur la ligne médiane, où un sillon indique leur réunion. Le quatrième ventricule ne communique plus avec l'extérieur qu'au moyen de deux ouvertures, l'une antérieure, située en arrière et en dessous de la base du cervelet, l'autre postérieur, de forme ovalaire, située à quelque distance en arrière du cervelet, au niveau de la racine postérieure du pneumogastrique.

Lorsqu'on fend la paroi supérieure du quatrième ventricule de manière à pouvoir étaler ses bords, on aperçoit de chaque côté du sillon médian un faisceau de substance blanche qui se porte d'arrière en avant sur toute la hauteur du quatrième ventricule; ce faisceau correspond au faisceau ventriculaire médian du Brochet. Parvenu à la hauteur des origines du trijumeau, ce faisceau émet de son bord externe un groupe de fibres qui se recourbe en dehors et s'enfonce dans la paroi inférieure du ventricule.

En dehors du faisceau ventriculaire médian on aperçoit un second faisceau blanc longitudinal qui marche parallèlement à lui et forme un léger relief sur la paroi interne du ventricule; ce faisceau se recourbe aussi en dehors à son extrémité antérieure et s'enfonce dans la paroi latérale du ventricule; il correspond au faisceau ventriculaire latéral du Brochet.

Dans l'intervalle des faisceaux précédents on aperçoit des stries blanches formées par de petits faisceaux qui se croisent à angle droit et forment une espèce de treillis à mailles quadrilatères. Les fibres transversales passent d'un côté à l'autre du ventricule et vont se perdre dans l'épaisseur de ses parois latérales.

La face inférieure de la moelle allongée ne nous a offert rien de particulier: comme chez le Brochet, on aperçoit les origines de la sixième paire à quelque distance en arrière des lobes inférieurs, un peu en dehors du sillon médian. Chacun de ces nerfs naît par deux petits filets placés l'un derrière l'autre, et se confondant en un tronc unique après un court trajet.

Sur les parois latérales du bulbe on retrouve les mêmes nerfs que chez le Brochet et dans le même ordre; il y a tout au plus quelques différences légères, que je vais signaler.

Le trijumeau se compose à son origine de trois branches, que je distinguerai en antérieure, moyenne et postérieure; la moyenne est la plus petite. La branche antérieure est un peu plus écartée du lobe optique que chez le Brochet, sans

doute à cause du développement moins considérable de ce lobe. Cette branche antérieure est volumineuse, elle se trouve masquée à son point d'insertion par un groupe de petits faisceaux qui se portent obliquement de haut en bas et d'avant en arrière vers les origines du nerf acoustique, en passant au-dessous de la branche moyenne du trijumeau. En soulevant un peu cette racine, on reconnaît qu'elle s'engage dans une sorte de petit canal creusé dans l'épaisseur du tissu médullaire; en suivant son trajet, on voit qu'elle se porte, comme chez le Brochet, directement d'avant en arrière, en dedans de la masse de substance grise qui supporte le nerf acoustique, et qu'elle va se jeter dans le cordon latéral de la moelle. Des fibres de cette première branche paraissent aussi naître du bulbe au voisinage de son point d'insertion.

La deuxième branche du trijumeau, qui est la plus petite, se trouve située dans l'intervalle qui sépare la première branche de la seconde. A son origine, cette branche s'engage comme la première dans une sorte de petit canal, où il devient facile de la suivre et de l'isoler: elle se porte obliquement de dehors en dedans, traverse toute l'épaisseur des parois latérales du quatrième ventricule et, arrivée, à l'intérieur de cette cavité, se recourbe d'avant en arrière pour se continuer avec le faisceau ventriculaire latéral et aller se perdre comme lui dans le cordon latéral de la moelle. Si nous recherchons chez le Brochet l'analogue de cette racine, nous la retrouvons d'une manière évidente dans le faisceau grêle supérieur de la racine postérieure du trijumeau, puisque ce faisceau grêle, aussi bien que la racine moyenne du Congre, se continue directement avec le faisceau ventriculaire latéral. Supposons que chez le Brochet le faisceau grêle supérieur acquière un volume plus considérable et qu'il descende en avant dans l'intervalle qui sépare la branche antérieure du trijumeau de la branche postérieure, et nous aurons exactement la disposition qui se manifeste chez le Congre.

La troisième branche du trijumeau est, comme la première, très-volumineuse; elle se compose de deux ordres de fibres; les unes ne peuvent être poursuivies au delà du point d'implantation du nerf, elles appartiennent au faisceau principal; les autres se groupent pour constituer un faisceau blanc très-distinct qui se porte directement en dedans, gagne le plancher du quatrième ventricule et se recourbe en arrière pour aller se confondre avec le faisceau ventriculaire médian. Ce dernier faisceau représente évidemment le faisceau grêle inférieur du Brochet; son origine indique aussi qu'il appartient au système moteur et qu'il correspond soit au facial, soit à la racine motrice du trijumeau.

Le nerf auditif naît en arrière et au-dessous de la branche postérieure du trijumeau; ce nerf, de même que chez le Brochet, paraît être essentiellement bulbaire, car ses fibres ne peuvent être poursuivies au delà de leur point d'implantation.

Le glosso-pharyngien est représenté par un faisceau grêle qui naît au-dessous de

branche antérieure du pneumogastrique, et s'accole à cette branche après un court trajet; en suivant les origines de ce faisceau, on reconnaît qu'il s'enfonce dans l'épaisseur des parois du quatrième ventricule en croisant en dessus le faisceau d'origine postérieur de la première branche du trijumeau; il gagne ainsi le bord externe du faisceau ventriculaire latéral, avec lequel il paraît se confondre en partie.

Le pneumogastrique est formé à son origine de deux branches comme chez le Brochet; la branche antérieure, qui est la plus volumineuse, m'a paru appartenir par le plus grand nombre de ses fibres à la portion du bulbe sur laquelle elle s'implante; en outre de ces fibres, un certain nombre se jettent encore dans un faisceau considérable de substance blanche qui se porte en avant, au-dessus des origines du trijumeau, et se bifurque pour former deux faisceaux secondaires, dont l'un remonte dans l'intérieur du cervelet, tandis que l'autre descend obliquement en avant au-dessus de la première branche du trijumeau.

Ces rapports du cervelet avec le nerf de la dixième paire me paraissent dignes de fixer l'attention des physiologistes, car ils n'ont point encore été signalés, je crois, ni chez les poissons, ni chez aucun autre animal vertébré. Certains nerfs (sinon tous) ont, comme on le voit, des origines multiples, qu'il importe au plus haut point de déterminer, si l'on veut introduire quelque précision dans la physiologie du système nerveux.

La branche postérieure du pneumogastrique se divise, comme chez le Brochet, en plusieurs faisceaux, dont la plupart s'enfoncent horizontalement dans l'épaisseur des parois ventriculaires et vont gagner le faisceau ventriculaire latéral, au niveau duquel elles se perdent.

Pour compléter l'étude que nous venons de faire de la moelle allongée chez le Brochet et chez le Congre, je me propose d'examiner à présent la composition de cet organe chez un Cyprin, en prenant pour type de cette étude le Barbeau.

Chez le Barbeau, la forme de la moelle allongée diffère beaucoup de celle que nous avons signalée chez le Brochet et chez le Congre. En effet, tandis que chez ces derniers la forme du bulbe se rapproche plus ou moins de celle d'un tronc de cône à sommet postérieur, chez le Barbeau la moelle se renfle subitement au niveau de l'origine des nerfs pneumogastriques et acquiert en cet endroit des dimensions beaucoup plus considérables qu'en aucun autre point de son trajet. Le quatrième ventricule se trouve fermé en arrière, comme chez le Congre, par un pont médullaire. En avant de ce pont et au-dessous de la base du cervelet existe un orifice qui fait communiquer le quatrième ventricule avec l'extérieur; à la partie postérieure de ce même point on aperçoit une partie nouvelle, formée d'un tubercule impair, médian, très-volumineux, qui surmonte l'ouverture postérieure du quatrième ventricule; je le dési-

gnerai à l'avenir sous le nom de *lobule médian*. De chaque côté, ce tubercule se trouve encadré par un rebord saillant, qui est formé par le bord supérieur de deux lobes volumineux, les *lobes du pneumogastrique*.

Lorsqu'après avoir fendu en arrière le pont médullaire dont il a été question, on étale les parois du quatrième ventricule, on aperçoit sur le fond et de chaque côté du sillon médian un faisceau blanc longitudinal, le faisceau ventriculaire médian. Ce faisceau se prolonge en avant jusque dans l'intérieur du lobe optique; en arrière on on peut le suivre jusqu'à une petite distance à l'intérieur du canal spinal. Au-dessous de ce faisceau longitudinal se trouve un plan de petits faisceaux transverses, visibles sur toute la hauteur du ventricule; on voit, lorsqu'on a enlevé les fibres longitudinales, que ces petits faisceaux s'étendent sans discontinuité d'un côté à l'autre du ventricule, en formant comme une espèce de large sangle sur le fond de cette cavité. Les faisceaux transverses postérieurs, qui sont les plus grêles, se redressent latéralement et vont s'étaler sur la face inférieure du lobule médian; ceux qui sont plus en avant vont se perdre de chaque côté dans les parois latérales du bulbe.

Lorsqu'on enlève ce plan de fibres transverses dans la région antérieure du quatrième ventricule, on rencontre de nouveau un plan de fibres longitudinales; ces dernières se groupent en deux faisceaux, qui se portent en divergeantd'arrière en avant et cheminent dans l'épaisseur du plancher du lobe optique au-dessous du bord interne de chaque renflement semi-lunaire; lorsqu'ils sont parvenus au niveau de l'extrémité antérieure de ces derniers renflements, ces faisceaux s'élargissent et se confondent avec le tissu environnant; quelques-unes des radiations internes du lobe optique m'ont paru cependant naître de leur extrémité.

Le trijumeau se compose de deux branches: l'une antérieure, assez grêle; l'autre, postérieure, d'un volume considérable.

Relativement à ses origines, la branche antérieure se comporte exactement de la même manière que chez le Brochet et le Congre. Dès son insertion elle s'engage dans un petit canal pour se porter directement en arrière dans l'épaisseur des parois ventriculaires et aller se jeter dans le cordon latéral de la moelle.

La seconde branche du trijumeau mérite de fixer notre attention: cette branche se trouve représentée par un gros tronc nerveux, unique en apparence, mais qui, en réalité, possède plusieurs origines distinctes.

Les fibres postérieures de ce tronc semblent naître du point où elles s'insèrent; toute la portion restante du nerf s'engage, au contraire, dans une sorte de canal creusé dans l'épaisseur des parois ventriculaires et constitue un énorme faisceau qui se porte en dedans et en arrière pour aller se jeter dans le lobule médian, dont la nature se

trouve ainsi parfaitement déterminée. Nous pourrons désormais lui donner le nom de *lobe du trijumeau.*

Ces derniers faits semblent, au premier abord, peu en harmonie avec ceux que j'ai signalés précédemment chez le Brochet et chez le Congre; il devient donc nécessaire de les interpréter et de montrer que derrière une diversité apparente se manifeste au contraire une très-grande similitude d'organisation.

Chez le Brochet, avons-nous dit, la seconde branche du trijumeau se compose de trois faisceaux, le premier (faisceau principal) naît directement du bulbe au niveau de son point d'insertion; le second (faisceau grêle supérieur) se jette dans le faisceau ventriculaire latéral; le troisième (faisceau grêle inférieur) va s'unir avec le faisceau ventriculaire médian.

Que trouvons-nous chez le Barbeau pour cette seconde branche? D'abord des fibres postérieures qui se perdent aussitôt dans le tissu du bulbe, elles correspondent au faisceau principal; en second lieu, cet énorme faisceau qui se rend au lobule médian, je le considère comme l'homologue du faisceau grêle supérieur: de même que ce dernier faisceau, il traverse en effet les parois du bulbe pour gagner l'intérieur du quatrième ventricule, et il reste parfaitement isolé dans tout son trajet; sa position sur le devant de la seconde branche du trijumeau confirme encore l'analogie.

Au surplus, s'il restait quelque incertitude à cet égard, l'examen d'autres espèces de Cyprins suffirait pour les dissiper. Si, en effet, on examine des Cyprins chez lesquels le lobule médian est peu développé, tels que la Brême et l'Ablette par exemple, on reconnaît que le faisceau du trijumeau qui se rend à ce lobule est beaucoup moins développé que chez le Barbeau; ce même faisceau gagne l'intérieur du quatrième ventricule et se jette dans un faisceau ventriculaire latéral comme chez le Brochet; c'est seulement sur l'extrémité postérieure de ce faisceau latéral que se trouve implanté le lobule médian.

Il résulte de là que le lobule médian peut être considéré comme un renflement annexé aux deux faisceaux ventriculaires latéraux ; ce qui explique pourquoi la portion du trijumeau qui se continue avec le faisceau ventriculaire latéral est en raison directe du volume de ce lobule.

Quant au troisième faisceau, celui qui doit se jeter dans le faisceau ventriculaire médian, je ne suis pas encore parvenu à le suivre d'une manière satisfaisante chez les divers Cyprins que j'ai examinés; j'ai bien vu quelques minces faisceaux de fibres partir du faisceau ventriculaire médian; mais à mesure qu'ils se portent en dehors, ces faisceaux se dissocient et il ne m'a pas été possible jusqu'ici de les suivre jusqu'à la racine postérieure du trijumeau; je ne doute pas cependant que des efforts plus prolongés, et surtout l'examen d'un plus grand nombre de types ne permettent

de suivre jusqu'à leur terminaison ces fibres qui représentent l'élément moteur du trijumeau.

Le nerf acoustique ne nous a rien offert de particulier; ses fibres d'origine ne peuvent être poursuivies au delà de leur point d'implantation.

Le pneumogastrique naît par deux racines comme chez le Brochet; la racine antérieure est beaucoup plus grêle que la racine postérieure; dès qu'elle a pénétré dans la moelle, cette racine se subdivise en plusieurs faisceaux: l'un d'eux se porte en arrière vers le bord antérieur du lobe du pneumogastrique; un autre se porte en dedans vers la base du lobule médian; un troisième se dirige en avant et se jette dans la partie latérale de la base du cervelet.

Au-dessous de cette racine antérieure naît un rameau nerveux qui ne tarde pas à se confondre avec elle en se portant en dehors. Ce rameau, qui est le glosso-pharyngien, envoie une racine qui se porte en haut et en arrière dans le sillon par lequel le lobe du pneumogastrique est séparé du lobule médian; ses fibres proviennent en partie du lobe du pneumogastrique et quelques-unes du lobule médian.

La racine postérieure du pneumogastrique naît d'un lobe volumineux qui a reçu le nom de *lobus vagi.* Ce lobe est convexe en dehors et concave en dedans; son bord supérieur encadre de chaque côté le lobule médian. Comme structure, on reconnaît qu'il est formé en majeure partie de substance grise mélangée à des fibres blanches qui convergent en bas vers l'origine du pneumogastrique.

Bien que constituée au fond de la même manière chez tous les Cyprins, la moelle allongée présente cependant des variations très-grandes dans son aspect chez les diverses espèces de ce groupe. Ces différences tiennent surtout à l'état de développement plus ou moins considérable des lobes du pneumogastrique et du lobule médian; sous ce rapport, la variation est extrême et depuis la Carpe, où cette disposition est portée au plus haut degré, jusqu'à l'Ablette, où elle est à peine marquée, il est possible de trouver toutes les nuances intermédiaires.

Chez la Carpe, le lobule médian et les lobes du pneumogastrique acquièrent un développement tel qu'au niveau de ces renflements le volume de la moelle le cède à peine à celui des lobes optiques.

Les lobes du pneumogastrique ressemblent chacun à une petite coquille univalve qui serait adhérente à la moelle par son bord inférieur et qui embrasserait dans sa concavité le lobule médian. Sur la face externe de ces lobes on aperçoit des faisceaux de fibres blanches qui convergent vers les origines du pneumogastrique.

Chez le Cyprin doré, les lobes du pneumogastrique ont, comme chez la Carpe, un volume relatif très-considérable; le lobule médian, qui est bien développé, se trouve caché presque entièrement entre les extrémités antérieures de ces deux lobes.

Après la Carpe et le Cyprin doré viennent le Barbeau et le Goujon, puis, en dernier lieu, la Brême, le Gardon, l'Ablette. Dans cette dernière espèce, le lobule médian est à peine saillant et se présente sous l'aspect d'un petit mamelon surbaissé situé sur la ligne médiane au point de réunion des lobes postérieurs et des lobes du pneumogastrique. Ces derniers lobes sont du reste à peine accentués, ils concourent à former les bords de l'ouverture postérieure du quatrième ventricule, ouverture qui a l'aspect d'une petite fente triangulaire dont la base s'appuie sur le bord postérieur du lobule médian. Par suite du faible développement des lobes du pneumogastrique, la moelle allongée reprend chez l'Ablette la forme conique que nous lui avons vue précédemment chez le Brochet.

A mesure que le lobule médian et les lobes du pneumogastrique diminuent, les lobes postérieurs deviennent au contraire plus apparents; ainsi, chez l'Ablette et le Gardon, ces lobes se présentent sous l'aspect de deux mamelons dont les extrémités postérieures embrassent le lobule médian. Chez la Carpe, le Barbeau, le Goujon, les lobes postérieurs forment au contraire une surface presque plane, et ils sont beaucoup plus difficilement reconnaissables. L'examen de types intermédiaires à ces types extrêmes permet de suivre toutes les phases par lesquelles passent les lobes postérieurs en se modifiant.

Je ferai encore remarquer que plus le lobule médian et les lobes du pneumogastrique diminuent, plus l'ouverture postérieure du quatrième ventricule se rétrécit. Ainsi, chez la Carpe, le Barbeau, le Goujon, le quatrième ventricule s'ouvre en arrière par une large fente transversale; chez le Gardon et l'Ablette, l'ouverture postérieure n'est plus représentée, au contraire, que par une petite fente longitudinale et triangulaire dont la base s'appuie en arrière du lobule médian et dont le sommet se confond avec le sillon médian postérieur de la moelle dorsale. Chez l'Ablette, il m'a semblé voir un petit ruban de fibres transverses situé en arrière de cette petite ouverture.

Chez les Gadus lota et Gadus mustela, on aperçoit en arrière de la pointe du quatrième ventricule une très-légère saillie médiane; au niveau de cette saillie existe une petite commissure transversale formée de fibres blanches qui m'ont paru se continuer du côté gauche avec les fibres du faisceau ventriculaire latéral.

Chez le Surmulet (*Mullus surmuletus*), la moelle allongée offre une particularité très-curieuse et que je n'ai retrouvée jusqu'ici chez aucun autre poisson : les lobes postérieurs, qui sont très-développés et confondus sur la ligne médiane, présentent à leur surface des circonvolutions très-prononcées.

Chez tous les autres poissons osseux que j'ai examinés, la moelle allongée ne m'a rien offert de particulier. Jusqu'à présent je n'ai vu le lobule médian que chez les

Cyprins [1]; eux seuls également m'ont offert un développement très-considérable des lobes du pneumogastrique. Le plus ordinairement les lobes postérieurs sont bien développés et soudés sur la ligne médiane dans une plus ou moins grande étendue, par exemple chez la Perche, la Limande, la Plie, l'Éperlan, l'Alose, le Merlan, l'Orphie, le Maquereau, le Congre etc. Il est plus rare que le quatrième ventricule reste complétement ouvert en arrière, comme chez le Brochet et le Saumon par exemple.

Quant à l'origine des nerfs bulbo-rachidiens, elle m'a paru la même au fond chez les diverses espèces où j'ai pu l'examiner (Brochet, Perche, Congre, Trigle, Lotte, Chabot, Mustèle etc.).

Je passe maintenant à l'étude de la moelle allongée chez les Squales, et je prendrai pour exemple le Squalus mustelus. Chez cette espèce, la moelle allongée se présente sous l'aspect d'un renflement conique, aplati de haut en bas, commençant un peu en arrière du pneumogastrique et s'étendant jusqu'au devant des origines du trijumeau. La face supérieure de ce renflement est recouverte, dans son tiers antérieur environ, par le cervelet. L'ouverture du quatrième ventricule est de forme losangique, elle se trouve fermée par une membrane fibro-vasculaire, assez résistante.

De chaque côté de cette ouverture on aperçoit en arrière les cordons latéraux de la moelle, et sur les bords de chacun de ces cordons un petit lobe en forme de pyramide, d'où naît une branche du trijumeau (je l'appellerai *lobe marginal* ou *lobe du trijumeau*); chacun de ces petits lobes se trouve séparé du cordon latéral par un sillon; sa base se confond en avant avec une large commissure située au-dessous du cervelet et que je désignerai désormais sous le nom de *commissure du quatrième ventricule;* son sommet s'effile en pointe et se perd en arrière sur le bord de l'ouverture du ventricule.

Lorsqu'on écarte les parois du quatrième ventricule de manière à les étaler, on aperçoit sur le fond de cette cavité et de chaque côté de la ligne médiane un faisceau blanc longitudinal qui représente le faisceau ventriculaire médian des poissons osseux; mais ce faisceau n'est pas aussi nettement délimité. Un peu en dehors de ce faisceau on aperçoit un second faisceau très-net, de couleur blanche, formant un léger relief à la surface de la paroi ventriculaire; c'est le faisceau ventriculaire latéral. Ce faisceau présente cette particularité que dans sa moitié postérieure environ sa sur-

(1) Note additionnelle. Ce lobule existe aussi chez le Silurus glanis, mais il est divisé en deux moitiés qui se touchent sur la ligne médiane. Chacune de ces moitiés est une annexe du faisceau ventriculaire latéral, et elle reçoit un faisceau volumineux de la racine postérieure correspondante du trijumeau.

face offre de légères bosselures, entre lesquelles rampent de petits filets vasculaires. Ce sont ces bosselures légères que les anatomistes ont décrites et figurées comme une rangée de tubercules situés à l'intérieur du quatrième ventricule; mais il y a là évidemment exagération. En arrière, le faisceau ventriculaire latéral se relève vers le bord du ventricule et paraît aller se continuer avec la pyramide postérieure; en avant il s'incline un peu en dehors, s'enfonce dans le plancher de la cavité ventriculaire vers son tiers antérieur et disparaît; en poursuivant son trajet par la dissection, on reconnaît qu'il continue à se porter en dehors et finit par aller se jeter dans une des branches du trijumeau. La situation de ce faisceau à l'intérieur du quatrième ventricule, son trajet, ses rapports avec le trijumeau et la pyramide postérieure, ne peuvent laisser aucune incertitude à son égard: il représente bien évidemment le faisceau ventriculaire latéral des poissons osseux.

La face inférieure de la moelle allongée n'offre rien de particulier: cette face est légèrement convexe et présente en avant les origines de la sixième paire.

Sur les faces latérales, nous voyons échelonnés, comme chez les poissons osseux, les nerfs de la cinquième, huitième, neuvième et dixième paire.

La cinquième paire se compose de plusieurs faisceaux volumineux qui comprennent probablement à la fois les éléments du trijumeau et du facial. Nous avons dit que l'un de ces faisceaux se continue avec le faisceau ventriculaire latéral; il est probable qu'un certain nombre de fibres se rendent aussi au faisceau ventriculaire médian, mais je n'ai pu encore le constater, le temps ne m'ayant pas permis de faire de longues recherches à cet égard, et ces recherches étant d'ailleurs très-difficiles à cause de la grande densité du tissu de la moelle et du peu d'abondance de la matière grise.

Parmi les diverses branches du trijumeau il en est une sur laquelle j'appellerai l'attention à cause de sa disposition spéciale. Cette branche se détache du bord supérieur du tronc du trijumeau, tout près de sa naissance; de là elle se porte en haut et en dedans, contourne le bord du quatrième ventricule et va se jeter dans l'extrémité antérieure de la petite pyramide qui forme le lobe marginal. Jusqu'ici je ne vois pas à quelle portion du trijumeau des poissons osseux correspond cette branche.

Le nerf acoustique naît en arrière et un peu au-dessous du trijumeau. Le nerf pneumogastrique naît par deux racines, comme chez les poissons osseux. Au-dessous de la racine antérieure naît un petit faisceau isolé qui correspond au glosso-pharyngien; la racine postérieure est formée à son origine de plusieurs petits faisceaux distincts échelonnés les uns derrière les autres.

Nous avons retrouvé sur la moelle allongée du Squalus catulus exactement les mêmes dispositions que chez le Squalus mustelus. L'union du faisceau ventriculaire latéral avec le trijumeau m'a seulement paru plus facile à constater.

La moelle allongée du Squalus acanthias diffère aussi à peine de celle du Squalus mustelus. La branche du trijumeau qui se rend au lobe marginal est extrêmement développée; ce dernier lobe est moins nettement isolé. Le faisceau ventriculaire médian se dessine avec une netteté remarquable; il est beaucoup plus distinct que chez les Squalus mustelus et Squalus squatina. Les deux faisceaux forment de chaque côté du sillon médian un bourrelet blanc très-prononcé et plus saillant que dans aucun des autres types que j'ai pu examiner; ce bourrelet se prolonge en avant avec la même netteté sur le fond de l'aqueduc de Sylvius et sur le plancher des lobes optiques, où le sillon médian devient très-profond. Les faisceaux ventriculaires latéraux sont très-saillants et forment deux bourrelets longitudinaux très-nets, recouverts sur la plus grande portion de leur étendue par une série de légères bosselures séparées par de minces filets vasculaires. Ce sont ces petites bosselures que les anatomistes me paraissent avoir singulièrement exagérées en les présentant, soit dans leur description, soit dans leurs figures, comme une série de tubercules situés à l'intérieur du quatrième ventricule. Il n'y a point là en réalité des tubercules, mais de simples dépressions transversales du faisceau ventriculaire latéral produites par le passage des artères qui descendent des bords du ventricule vers le fond de cette même cavité. Cela se voit très-bien chez le Squalus acanthias lorsqu'on enlève avec précaution la pie-mère qui recouvre l'entrée du ventricule; on voit alors une série de vaisseaux qui descendent du bord du ventricule vers le fond en sillonnant la surface du faisceau ventriculaire latéral.

En avant on peut suivre le faisceau ventriculaire latéral jusqu'à la naissance du trijumeau.

La moelle allongée du Squalus squatina présente des différences plus tranchées. Le quatrième ventricule offre des dimensions très-considérables ; sa longueur égale à elle seule celle de tout le reste de l'encéphale. Ce ventricule est largement ouvert, et sur ses bords on ne voit plus de lobes distincts du trijumeau comme chez les Squalus Mustelus et Squalus Catulus; cependant la branche qui se rend à ces lobes existe toujours mais elle s'insère sur les bords du quatrième ventricule. Les faisceaux ventriculaires médians et latéraux se voient bien comme dans les types qui précèdent; je n'ai pas aperçu de bosselures à la surface du faisceau ventriculaire latéral.

La moelle allongée des Raies ressemble complétement au fond à celle des Squales. Chez le Raja clavata le quatrième ventricule est entièrement recouvert par le cervelet; les bords de cette cavité sont très-saillants et formés d'une lame nerveuse ondulée qui se continue en avant avec la commissure du quatrième ventricule. Cette lame ondulé reeçoit, comme chez les Squales, une branche spéciale du trijumeau, laquelle est ici très-considérable. Le faisceau ventriculaire latéral est aussi très-distinct.

La moelle allongée de l'Esturgeon ressemble complétement à celle des Squales; elle est aplatie et très-largement ouverte en arrière; il existe à sa base, au-dessous du cervelet, une commissure du quatrième ventricule, et ses bords ont un aspect plissé. Les faisceaux ventriculaires médians et latéraux sont bien distincts. Vers l'extrémité antérieure des faisceaux ventriculaires médians, Stannius a figuré une sorte de commissure transversale qu'il désigne sous le nom de *commissure transversale des pyramides antérieures*, et qui peut-être a, dit-il, des connexions avec le nerf acoustique. La difficulté de me procurer des Esturgeons ne m'a pas permis de vérifier ce fait; mais j'ai toute raison de croire que ce faisceau transversal qui part du faisceau ventriculaire médian n'est autre qu'une branche du trijumeau ([1]).

En terminant l'étude de la moelle allongée des Raies et des Squales, je ne puis omettre de parler de la moelle allongée de la Torpille; n'ayant pas eu l'occasion d'étudier moi-même ce type intéressant, je me proposé de transcrire ici les principaux résultats du beau travail de Paul Savi sur la moelle allongée de ce poisson.

« La longueur de la moelle allongée d'une Torpille âgée, dit ce savant, est presque la moitié de celle de tout l'encéphale, et sa largeur est plus grande que celle de toutes les autres parties du cerveau. Lorsqu'on a mis à nu cette partie de l'encéphale en enlevant en grande partie ses enveloppes, on voit tout le sinus rhomboïdal rempli de deux gros lobes qui se touchent sur l'axe longitudinal sans adhérer, mais qui, au contraire, sont rendus bien distincts par une fente verticale et rectiligne qui arrive jusqu'au plan du sinus rhomboïdal. Chacun de ces lobes est donc limité par trois faces: l'une courbe, qui est l'extérieure, l'autre plane horizontale et inférieure, par laquelle il est appuyé sur le sinus rhomboïdal, et une troisième verticale interne, qui est en rapport avec la face correspondante de l'autre lobe.

« En observant au microscope la substance de ce lobe, en la comprimant très-légèrement avec le compresseur, on voit qu'elle se compose en grande partie d'une matière granuleuse presque amorphe, transparente et analogue à la substance grise amorphe de la substance corticale du cerveau. Nous avons vu au milieu de cette substance granuleuse du lobe électrique, un grand nombre de fibres élémentaires à double con-

([1]) Note additionnelle. Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites, j'ai eu l'occasion de disséquer un cerveau d'Esturgeon, et j'ai pu reconnaître que mes prévisions étaient justement fondées. Le faisceau transverse qui naît de chaque côté du faisceau ventriculaire médian, va se jeter dans la racine postérieure correspondante du trijumeau. Le faisceau ventriculaire latéral va également se perdre dans cette même racine. Le bord externe de ce dernier faisceau présente de petites bosselures qui rappellent celles du faisceau ventriculaire latéral des Squales. On voit par cet ensemble de faits que les origines du trijumeaux paraissent offrir la similitude la plus complète dans toute la classe des poissons. Non-seulement les poissons osseux et les poissons cartilagineux ne présentent sous ce rapport aucune différence essentielle, mais je puis ajouter ici que sur un batracien (le Triton) j'ai reconnu, à l'égard des branches d'origine du trijumeau, une disposition analogue à celle que je viens de décrire chez les poissons.

tour. En comprimant la masse granuleuse et amorphe des lobes électriques, on y découvre de gros globules d'une matière grise, composés de grains ou globules qui ont un noyau de substance diaphane, au centre desquels se trouve un corpuscule plus opaque. En comprimant davantage, on voit ces globules se dilater, puis se changer en disques, dont le point central est augmenté proportionellement jusqu'à avoir en diamètre presque un quart du diamètre du globule transparent. Ces globules me semblent identiques avec les globules ganglionnaires découverts par Ehrenberg, et que moi-même j'ai eu occasion d'observer dans les ganglions de différents nerfs branchiaux de la Torpille même. Ces globules ganglionnaires sont en très-grand nombre dans les lobes électriques; mais, proportionellement à leur masse, il y existe une plus grande quantité de substance amorphe granulaire que dans les ganglions des nerfs. Quant à la direction des fibres nerveuses élémentaires des lobes électriques, elle varie suivant le sens horizontal ou vertical selon lequel a été coupée la tranche qu'on observe.

«En faisant une section verticale et transversale de la moelle allongée, de manière à couper les lobes électriques dans le plan dans lequel on voit une des racines de la huitième paire (pneumogastrique) pénétrer dans la moelle allongée, on reconnaît alors que cette racine, ou au moins la partie apparente de celle-ci, ne pénètre pas dans la moelle allongée, mais traverse la pyramide latérale, passe au-dessous des pyramides postérieures et pénètre dans les lobes électriques correspondants, dans lesquels elle se répand et rayonne de manière à remplir toute la face de la section. Il est pourtant juste de dire que, malgré cette origine des fibres élémentaires des nerfs électriques, il y a d'autres de ces fibres qui émergent de la partie moyenne du sinus rhomboïdal, et pénètrent ainsi les lobes électriques.

« On découvre encore, ce qui est pour moi très-important, qu'un tronc de la cinquième paire tire les fibres élémentaires de sa racine du lobe électrique et que ce tronc est précisément celui qui pénètre dans l'organe électrique, tandis que les autres fibres du même nerf prennent origine ou des pyramides restiformes ou du lobe latéral du cervelet.

« Tous les troncs nerveux, soit de la huitième (pneumogastrique), soit de la cinquième paire, qui se distribuent dans l'organe électrique, sont donc produits par des fibres élémentaires ayant leur origine dans le lobe correspondant, dans l'intérieur duquel elles semblent se replier en anses.

« Lorsque les lobes électriques ont été enlevés, le sinus rhomboïdal présente une ligne médiane longitudinale qui est la division des pyramides antérieures. A gauche et à droite de cette ligne, on voit un faisceau blanc, homogène, qui peut être regardé comme la surface postérieure des mêmes pyramides antérieures. Le reste de la sur-

face du sinus rhomboïdal a une couleur qui est plus cendrée. Si on l'observe avec la loupe, on reconnaît qu'elle est parcourue transversalement par un grand nombre de faisceaux de substance blanche. »

Si j'ai tant insisté sur cette description de la moelle allongée de la Torpille, c'est que je trouve dans la disposition de cet organe une curieuse analogie avec ce que nous avons observé chez les Cyprins: le lobule médian de la Carpe, du Barbeau, du Cyprin doré, du Goujon etc., paraît en effet, correspondre, par sa situation du moins, aux lobes électriques de la Torpille. Ce lobule médian est unique il est vrai, tandis que les lobes électriques sont paires; mais c'est là une différence sans grande importance et qui peut être le résultat d'une simple soudure sur la ligne médiane. Il est même probable que primitivement le lobule médian est formé de deux moitiés distinctes qui se juxtaposent et se soudent sur la ligne médiane (1). Quoi qu'il en soit, les connexions du lobule médian des Cyprins avec la cinquième paire d'une part et avec le pneumogastrique de l'autre, et le rapport des lobes électriques avec ces mêmes paires me paraissent établir entre ces organes une grande analogie; je dois signaler cependant plusieurs différences. Chez les Cyprins, où le lobule médian est très-développé, tels que la Carpe et le Barbeau, la branche de la cinquième paire qui naît de ce lobule est énorme, tandis que les fibres qui se portent vers le pneumogastrique sont peu nombreuses; le contraire a lieu chez la Torpille; la presque totalité des faisceaux qui portent des lobes électriques se jettent dans les pneumogastriques, un seul se rend au trijumeau. Je n'ai pas non plus découvert de cellules ganglionnaires dans le lobule médian, mais seulement de la substance grise, semblable à celle des hémisphères.

En présence du rôle physiologique important que remplissent les lobes électriques, il est permis de supposer que quelque fonction spéciale se trouve aussi dévolue au lobule médian des Cyprins; dans ce cas, nous savons maintenant que c'est sur les divisions de la branche postérieure du trijumeau que les naturalistes devront diriger leurs investigations.

Chez les Lamproies, la moelle allongée est très-aplatie et élargie au voisinage du cerveau, comme chez les autres poissons; le quatrième ventricule est largement ouvert, et sur le fond on aperçoit un sillon médian bien prononcé. Le manque de sujets ne m'ayant pas permis jusqu'ici d'étudier les nerfs qui naissent de cette partie, je me bornerai à transcrire ici quelques résultats consignés dans une note de M. Robin.

« Chez les Lamproies, dit l'auteur, on ne trouve plus que les 1er, 2e, 3e, 4e, 5e, 8e et 9e paires; les 6e et 7e manquent complétement. La racine postérieure de la cin-

(1) Je dois rappeler ici que le lobule médian du Silurus glanis est formé de deux moitiés juxtaposées.

quième paire est comme logée dans un sillon de la moelle épinière et s'en détache facilement jusqu'au faisceau postérieur sur lequel a lieu l'origine réelle à un centimètre et demi en arrière du sillon transverse de séparation de la moelle allongée et de l'encéphale. La racine antérieure naît du faisceau antérieur, à l'extrémité antérieure de la moelle allongée. »

On voit combien ces faits concordent avec ceux que j'ai signalés chez les poissons osseux, les Esturgeons, les Raies et les Squales.

DU CERVELET.

La forme et la grandeur du cervelet diffèrent tellement chez les poissons osseux qu'il est à peu près impossible d'établir aucune règle à cet égard. La forme est généralement celle d'un cône légèrement évasé et à sommet mousse, étendu horizontalement au-dessus du quatrième ventricule et présentant de chaque côté de sa base une tubérosité assez prononcée; tel est le cervelet du Merlan, du Brochet, du Surmulet, de la Lotte etc. Chez le Hareng, le cervelet vu par dessus a une forme ovale, mais lorsqu'on l'examine par le côté, il offre l'aspect d'une masse irrégulièrement quadrilatère, dont le bord postérieur est vertical et dont l'extrémité supérieure élargie s'incline un peu en avant au-dessus de l'extrémité postérieure des lobes optiques.

Chez le Maquereau, le cervelet a aussi une forme ovalaire ou ovoïde. Chez un certain nombre de Cyprins, chez le Cyprin doré surtout, il est presque globuleux. Dans le Congre et l'Anguille, il est quadrilatère et présente de chaque côté une petite tubérosité. Vu de côté chez le Congre, il ressemble à un cylindre replié sur lui-même de manière à simuler une anse ouverte en avant et en bas. Il serait facile d'énumérer encore une foule d'autres variétés dans la forme du cervelet; mais toutes ces variations n'offrant que peu d'intérêt, je me bornerai aux quelques exemples que je viens de citer.

Les différences dans le volume du cervelet ne sont pas moins nombreuses que celles que l'on observe dans sa forme (nous ne parlons que du volume relatif). Le cervelet est volumineux chez le Merlan, la Lotte, l'Anguille, le Congre, etc. Dans ces deux dernières espèces, son volume égale presque celui des lobes optiques. Chez les Trigles, au contraire, son volume est très-petit comparativement à celui des lobes optiques.

Entre ces extrêmes, il serait facile de trouver toutes les nuances intermédiaires.

Les rapports du cervelet avec la moelle allongée sont aussi très-sujets à varier; ainsi, tandis que chez le Merlan, le Surmulet, le Brochet, le Saumon etc., le cervelet

recouvre entièrement la moelle allongée, dans le Congre, le Hareng, la Carpe, il n'en recouvre que la moitié antérieure, et dans le Cyprin doré il n'en occupe guère que le tiers antérieur.

En avant, les limites du cervelet sont beaucoup plus fixes; il est rare, en effet, qu'il dépasse le bord postérieur des lobes optiques. Cependant, chez le Hareng, le cervelet déborde un peu au-dessus de l'extrémité postérieure des lobes optiques; chez le Maquereau, cette disposition devient très-prononcée et le cervelet recouvre environ la moitié de ces mêmes lobes. Chez le Thon, d'après Cuvier, le cervelet s'étend en avant et en arrière de façon à recouvrir presque tout le reste de l'encéphale. Enfin Weber cite le cas du Silurus glanis, chez lequel le cervelet recouvrirait presque en entier les lobes optiques ([1]).

Le cervelet des poissons osseux m'a toujours paru lisse; Cuvier dit cependant que dans le Thon sa surface est sillonnée transversalement; Carus a aussi figuré le cervelet de l'Echeneis Remora avec trois sillons, et il parle de ces sillons comme d'une chose remarquable. Il existe ordinairement sur le cervelet un sillon médian plus ou moins apparent (Merlan, Saumon), ou bien des stries transversales, qui sont très-visibles chez le Gadus œglefinus, selon Göttsche.

A l'intérieur du cervelet on découvre habituellement vers la base une petite cavité qui se prolonge plus ou moins loin vers le sommet. Cette cavité s'ouvre dans le quatrième ventricule, elle est parcourue par un tronc vasculaire, qui se porte jusqu'à la pointe du cervelet en émettant ordinairement sur ses côtés un certain nombre de rameaux qui s'enfoncent dans le tissu de l'organe. La cavité du cervelet est plus ou moins visible selon les espèces; elle se voit nettement chez le Congre.

Lorsqu'on examine la structure du cervelet, on reconnaît aisément qu'il se compose de substance grise et de substance blanche, la première occupant la périphérie de l'organe, et la seconde sa partie centrale. Chez le Congre, la substance blanche forme de chaque côté de la cavité du cervelet deux faisceaux considérables, qui se subdivisent et se portent en bas et en avant pour aller se jeter dans la base du cerveau; la partie la plus interne de ces faisceaux s'entre-croise sur la ligne médiane et au-dessus de la cavité du cervelet avec un faisceau semblable venu du côté opposé; plusieurs faisceaux se portent également dans l'éminence lobée.

Chez la Perche, on voit deux faisceaux blancs descendre à peu près parallèlement dans l'intérieur du cervelet, du sommet à la base; parvenus en ce point, ils s'enfoncent dans le plancher du lobe optique et se portent en divergeant jusqu'au niveau de l'extrémité antérieure du renflement semi-lunaire, où ils se perdent.

J'ai aussi constaté cette disposition chez le Rouget (Trigla).

([1]) **Note additionnelle. J'ai eu depuis l'occasion de vérifier ce fait.**

Quant à la matière grise, voici ce que j'ai observé sur le Barbeau. Lorsque l'on fait une coupe transversale du cervelet de manière à obtenir une rondelle de cet organe, en soumettant cette coupe au microscope, on reconnaît que la masse grise du cervelet se compose de trois zones concentriques, que nous distinguerons en première, seconde et troisième, en allant de dehors en dedans. La première zone (zone cérébelleuse externe) est recouverte par la pie-mère; son tissu est formé de granulations et d'une quantité innombrable de cellules multipolaires d'une extrême petitesse, renfermant à l'intérieur un liquide dans lequel nagent des granulations de différentes grosseurs.

Le nombre des pôles de ces cellules multipolaires varie généralement de deux à six; de ces pôles partent des prolongements d'une finesse telle qu'ils échappent bientôt à la vue malgré l'emploi des plus forts grossissements. Il m'est donc impossible de décider si ces prolongements se continuent ou non avec les fibres nerveuses primitives. Il m'a semblé, dans plusieurs circonstances, voir quelques-unes de ces cellules s'anastomoser entre elles par leurs pôles; mais ce sont là des impressions tellement fugitives et qui donnent si aisément prise à l'erreur que toute affirmation à cet égard me semblerait prématurée.

La deuxième zone (zone cérébelleuse moyenne) est très-différente de la zone extérieure; cette seconde zone est beaucoup plus étroite que la précédente. Sous le microscope et à un grossissement d'environ cent diamètres, elle paraît formée d'un amas de petits points, dont la couleur plus claire tranche sur le fond obscur du reste de la coupe. Lorsqu'on a recours à un grossissement plus considérable, 400 diamètres par exemple, on reconnaît que chacun de ces petits points représente une cellule multipolaire (bipolaire ou tripolaire) à contour très-net, dont chacun des angles paraît se continuer avec une fibre nerveuse. Ces cellules diffèrent beaucoup de celles qui composent la zone extérieure, non-seulement par leur diamètre, qui est trois à quatre fois plus considérable, mais encore par leur structure. En effet, tandis que les petites cellules de la zone externe ne renferment à l'intérieur que des granulations, ces grandes cellules de la zone moyenne présentent au milieu d'un liquide finement granuleux un gros noyau arrondi pourvu lui-même de granulations. Quelques-unes de ces grandes cellules m'ont aussi paru s'unir entre elles par leurs prolongements. Sur une coupe faite tout à fait à la base du cervelet, on voit un groupe de ces grandes cellules se détacher de la zone moyenne et descendre en s'éparpillant dans le tissu du pédoncule cérébelleux [1].

[1] Lorsqu'après avoir laissé macérer pendant quelque temps un cerveau dans du liquide salin (alun e sel marin), on promène légèrement l'extrémité d'une pince sur la surface du cervelet, on voit aussitôt se détacher de cette surface un feuillet mince qui s'enlève comme une écorce. Je pense que ce feuillet ap-

La troisième zone (zone cérébelleuse interne) se prolonge depuis la zone moyenne jusqu'au centre du cervelet ; elle est formée de matière grise, dont les éléments sont identiques à ceux de la zone externe; c'est dans son épaisseur que se trouvent contenus les faisceaux de substance blanche dont j'ai parlé précédemment.

Le cervelet des poissons chondroptérygiens diffère très-notablement de celui des poissons osseux. Afin de mieux faire connaître ces différences, je me propose de choisir d'abord quelques exemples parmi les poissons du groupe des Sélaciens.

Chez l'Ange (*Squalus squatina*), le cervelet est peu développé et déborde à peine en avant au-dessus de l'extrémité postérieure du lobe optique; sa surface est lisse comme chez les poissons osseux et elle présente sur le milieu une petite ligne blanchâtre. A l'intérieur du cervelet existe une cavité qui est très-vaste et communique largement à sa base avec le quatrième ventricule. La lame de tissu nerveux qui circonscrit cette cavité est mince et unie à l'intérieur, excepté sur le milieu de la face supérieure, où l'on aperçoit de chaque côté du sillon médian un bourrelet longitudinal très-prononcé, résultant du reploiement vers l'intérieur des bords des feuillets latéraux primitifs. En arrière, la lame cérébelleuse se continue avec une autre lame placée transversalement au-dessous du cervelet et qui, après avoir formé un double repli latéral, va se perdre sur les bords du quatrième ventricule.

Chez le Squalus acanthias, le cervelet est beaucoup plus développé que chez l'Ange; il recouvre en avant une partie du lobe optique. Sa surface présente un sillon longitudinal médian, mais de plus il existe vers le milieu de la longueur un sillon transversal qui correspond à un repli intérieur assez saillant. La cavité du cervelet est très-vaste et présente, en outre du repli intérieur dont je viens de parler, un double bourrelet médian très-saillant, comme chez l'Ange. En écartant légèrement les deux lèvres de ce bourrelet, on reconnaît qu'elles se trouvent simplement appliquées l'une contre l'autre et qu'elles n'adhèrent entre elles que du côté extérieur à l'aide d'une couche très-mince de tissu nerveux ou celluleux. La cavité du cervelet communique à sa base avec le quatrième ventricule par deux orifices assez larges placés de chaque côté du double bourrelet médian. Enfin, de même que chez l'Ange, la lame du cervelet se continue en arrière avec une lame transversale qui se prolonge sur les bords du quatrième ventricule. Sur la face inférieure de cette lame on aperçoit un double bourrelet médian qui fait suite au double bourrelet de la cavité du cervelet.

Chez le Squalus mustelus, le cervelet est très-développé; non-seulement il s'étend

partient à la zône cérébelleuse externe, et que la séparation s'effectue au niveau de la zône cérébelleuse moyenne, dont le tissu, formé de grandes cellules et moins compacte que la matière grise environnante, cède plus aisément à une légère pression.

en arrière au-dessus du quatrième ventricule, mais il se projette encore en avant de manière à recouvrir en partie le lobe optique. Sur la surface de cet organe on aperçoit quatre sillons ou plutôt quatre scissures transversales, qui correspondent à autant de replis intérieurs de la lame cérébelleuse. En faisant une coupe horizontale du cervelet, on reconnaît que sa cavité est assez vaste et que ses parois sont formées d'une lame nerveuse peu épaisse, repliée sur elle-même de telle façon qu'aux saillies extérieures correspondent des dépressions intérieures, et *vice versa*. Par suite de ces replis, la cavité du cervelet se trouve partagée en plusieurs chambres ou compartiments disposés les uns à la suite des autres, mais qui communiquent tous cependant avec la cavité commune.

En outre de ces plis intérieurs, il existe encore sur la face interne du cervelet un double bourrelet longitudinal médian très-marqué, comme chez le Squalus mustelus et l'Ange. Ce double bourrelet règne sur toute l'étendue des replis intérieurs dont il occupe le milieu, et quand deux replis voisins viennent à se toucher, il arrive d'ordinaire que les bourrelets adossés s'engrènent réciproquement et se soudent entre eux d'une manière plus ou moins intime. Cela s'observe vers le sommet des replis intérieurs. Inférieurement, la cavité du cervelet communique avec le quatrième ventricule par deux ouvertures assez étroites, situées l'une à droite et l'autre à gauche du double bourrelet médian.

Au-dessous et en arrière du cervelet existe une lame transversale étendue comme un pont au-dessus de l'extrémité antérieure du quatrième ventricule, et débordant de chaque côté la base du cervelet sous forme de deux petits oreillons. Je la nomme *lame transverse du cervelet*. Cette lame est composée de deux feuillets appliqués l'un sur l'autre. Le feuillet inférieur est formé par le reploiement en dessous du feuillet supérieur. La continuation des deux feuillets a lieu au niveau de leur bord externe. Le feuillet inférieur se prolonge en arrière sur les bords du quatrième ventricule sous forme d'un petit cordon d'aspect triangulaire; c'est au niveau de l'union de ce prolongement avec le feuillet inférieur que s'insère la branche la plus élevée du trijumeau. Pour bien se rendre compte de la disposition de la lame transverse, il est nécessaire de faire une coupe longitudinale passant par le cervelet et la moelle allongée. On voit ainsi que la lame du cervelet, après s'être repliée plusieurs fois sur elle-même pour constituer cet organe, s'abaisse d'abord en arrière pour former la voûte de l'aqueduc de Sylvius, puis se relève presque aussitôt pour se continuer avec le feuillet supérieur de la lame transverse. Or, comme nous avons vu que ce feuillet supérieur se continue par ses bords avec le feuillet sous-jacent, et celui-ci avec le petit cordon triangulaire qui borde le quatrièms ventricule, il en résulte que toutes ces parties ne sont en réalité que des dépendances de la lame qui forme le cervelet.

On pourra également constater sur cette même coupe que la lame cérébelleuse se continue directement en avant avec la voûte des lobes optiques.

Ainsi donc, les lobes optiques, le cervelet, la lame transverse du cervelet et les prolongements de cette lame sur les bords du quatrième ventricule ne sont en réalité que la continuation d'un même feuillet nerveux replié plusieurs fois sur lui-même et primitivement double, c'est-à-dire composé de deux feuillets latéraux qui viennent se réunir et se souder sur la ligne médiane. L'existence de ces deux feuillets primitifs se trouve clairement démontrée par la présence de ce double bourrelet médian qui règne à l'intérieur du cervelet, ainsi que par la crête intérieure, mousse et saillante, étendue sur le milieu de la voûte des lobes optiques.

Les Lamproies se distinguent non-seulement de tous les poissons cartilagineux, mais encore de tous les poissons osseux, par l'absence de cervelet. Chez ces poissons, les cordons qui bordent le quatrième ventricule se rejoignent en arrière du lobe optique de manière à former en ce point une bande transversale étroite qui occupe la place du cervelet et que l'on pourrait peut-être à la rigueur considérer comme un rudiment de cet organe avorté.

Quant aux fonctions du cervelet, nous avons démontré par des expériences faites sur l'épinoche que cet organe est loin d'avoir chez les poissons la même influence sur les mouvements volontaires que chez les mamifères : on peut, en effet, le détruire sans apporter de troubles notables dans la motilité, pourvu que l'on évite d'exercer des tiraillements sur ses pédoncules; ajoutons cependant que cette dernière précaution est essentielle, sans quoi il pourrait survenir des mouvements de manége ou de rotation autour de l'axe comme après la lésion des cordons antérieurs.

DES LOBES OPTIQUES.

Les lobes optiques [1] présentent dans leur aspect des variations non moins nombreuses que le cervelet. Leur forme est généralement arrondie ou un peu ovalaire (Saumon, Maquereau, Trigle, Cyprin, Brochet etc.); dans quelques cas rares, comme chez le Hareng et l'Alose, leur forme est un peu quadrilatère. Dans ces deux dernières espèces, chacun des lobes optiques présente, en outre, sur le flanc une gouttière oblique profonde dans laquelle monte un vaisseau dont les ramifications se

[1] Hémisphères, Camper, Weber, Fenner : Thalamus nervi optici, Haller : Lobes pairs moyens, Wicq-d'Azyr : Cerebrum proprie dictum, Ebel : Tubercula majora cerebri, Scarpa : Lobes creux, Cuvier : Lobes optiques, Carus, Serres, Desmoulins, Göttsche.

distribuent en avant et en arrière sur chacune des moitiés du lobe correspondant. Je n'ai jusqu'ici retrouvé cette disposition sur aucune autre espèce de poissons.

Le volume des lobes optiques paraît varier en proportion de la grosseur des yeux et des nerfs optiques. Ainsi chez les Trigles, où les yeux sont grands, ces lobes sont très-développés, tandis que chez l'Anguille et le Congre, où les yeux sont forts petits, leur volume est à peine supérieur à celui du cervelet ou des hémisphères. Göttsche dit avoir fait la même remarque sur les diverses espèces de Pleuronectes. Le mode de rapprochement des lobes optiques au niveau de la ligne médiane est également sujet à varier. Dans la plupart des cas, chaque lobe touche celui du côté opposé dans toute l'étendue de son bord interne et sans qu'il reste entre ces bords aucune séparation (Brochet, Perche, Saumon, Épinoche, Chabot, Merlan, Trigle, Véron etc.); mais d'autres fois, il n'en est plus de même; ainsi chez le Hareng et chez l'Alose, l'union des deux lobes ne se fait plus dans toute l'étendue de leurs bords, mais seulement dans leur moitié antérieure; dans le reste de leur trajet, les deux lobes restent écartés et laissent entre eux un intervalle triangulaire, au fond duquel on aperçoit une lame striée transversalement qui complète la voûte optique et la ferme supérieurement. Dans le Barbeau et la Carpe surtout, les bords des deux lobes sont largement écartés l'un de l'autre, et dans l'intervalle qui les sépare se trouve étendue une lame très-mince formée de fibres transversales. Cette lame se déchire avec la plus grande facilité; pour bien l'apercevoir, il faut examiner dans l'eau pure les cerveaux à l'état frais; elle se montre alors comme un voile demi-transparent, sur lequel apparaissent des stries transversales d'un beau blanc. L'aspect de cette lame est beaucoup moins net quand le cerveau a été macéré dans l'alcool ou dans toute autre liqueur.

La couleur des lobes optiques est généralement d'un rouge grisâtre; sur cette teinte de fond, on aperçoit de nombreuses fibres blanches qui se portent d'arrière en avant et convergent vers les origines du nerf optique. Ces fibres s'accumulent surtout le long du bord inférieur et du bord supérieur de chaque lobe. Au niveau du bord inférieur, elles constituent une sorte de bourrelet d'un beau blanc, qui augmente d'épaisseur d'arrière en avant, et offre une légère torsion dans la direction de ses faisceaux constitutifs. Les fibres de la face supérieure se voient très-bien chez le Brochet, le Merlan etc.; mais pour cela, il faut examiner les cerveaux à l'état frais et dans l'eau pure, car elles cessent d'être apparentes sur les préparations qui ont séjourné quelque temps dans l'alcool ou le liquide salin.

Sur la paroi intérieure des lobes optiques, on aperçoit de petits faisceaux médullaires disposés avec beaucoup de régularité, et d'une blancheur éclatante. Ces faisceaux naissent le long du bord externe des renflements semi-lunaires et s'élèvent en

rayonnant sur la face interne de chaque lobe, où ils se perdent généralement avant d'atteindre le sommet de la voûte. Nous donnerons à l'ensemble de ces faisceaux le nom de *couche rayonnante*. Les faisceaux de cette couche sont, en général, peu apparents au devant de l'extrémité antérieure des renflements semi-lunaires, ils cessent même d'être visibles au voisinage de la commissure antérieure, et la paroi intérieure du lobe optique devient presque lisse en cet endroit. En outre de ces fibres rayonnantes, Göttsche signale encore d'autres fibres dirigées d'avant en arrière, situées profondément et qui auraient l'aspect d'un grillage; cette disposition est, dit-il, très-évidente chez le Gadus Callarias.

Lorsque l'on fait sur un cerveau frais une section transversale des parois du lobe optique, on distingue sur la coupe les zones suivantes en allant de dehors en dedans: 1° une couche blanchâtre; 2° une couche grise épaisse; 3° une couche blanche. Ces trois couches, bien que distinctes, passent cependant de l'une à l'autre d'une manière peu tranchée. La zone blanche extérieure est formée par les fibres blanches qui avoisinent la face externe; la zone blanche intérieure est formée principalement par les faisceaux blancs de la couche rayonnante. Arsaky et M. Serres admettent également ces trois couches. Cuvier n'en compte que deux, une extérieure grise et une intérieure blanche. Göttsche dit qu'il a compté cinq nuances différentes, ce qui s'explique aisément quand on se rappelle que nos trois couches passent insensiblement de l'une à l'autre et doivent produire, en conséquence, des nuances intermédiaires. Les couches admises par Göttsche sont, en effet, en allant de dedans en dehors: 1° une lamelle blanche formée par l'irradiation intérieure; 2° une lamelle gris blanc; 3° une épaisse lamelle grise; 4° une lamelle gris clair; 5° une lamelle gris blanc avec des fibres blanches du nerf optique.

Des trois couches que j'ai admises, l'intérieure, celle qui est formée par les faisceaux rayonnants, est seule séparable; cette couche mérite de fixer un instant notre attention; le Brochet est un des types qui nous a paru se prêter le mieux à cette étude. Sur des préparations qui avaient séjourné quelque temps dans du liquide salin, j'ai pu enlever toute la couche grise extérieure du lobe optique en laissant intacte la couche interne; je me suis assuré ainsi que cette couche tapisse entièrement la face interne de chaque lobe, remonte jusqu'au niveau de la ligne médiane supérieure et passe du côté opposé, reliant les deux lobes entre eux et formant une vaste commissure, que je désignerai sous le nom de *commissure de la voûte optique*. Ce sont les fibres de cette commissure que l'on aperçoit comme une lame médullaire striée transversalement lorsqu'on écarte les lobes optiques l'un de l'autre sur la ligne médiane. Cela se voit très-bien chez les Cyprins, sur le Goujon surtout. Camper, Carus et Göttsche ont donné le nom de *corps calleux* à cette com-

missure, qui n'est, comme on le voit, que le prolongement de la couche la plus interne des lobes optiques. Göttsche dit, du reste, qu'il n'a pu reconnaître si les fibres de ce corps calleux se continuent avec la couche de fibres rayonnantes.

La commissure de la voûte optique est très-large chez le Barbeau et la Carpe. Quoique je n'aie pas poursuivi les fibres de cette commissure, il y a toute raison de croire qu'elles sont, comme chez le Brochet, une dépendance de la couche interne. Lorsque l'on place sous le microscope une mince lamelle obtenue par une coupe transversale de la paroi du lobe optique, on voit que cette lamelle se compose, dans toute son épaisseur, de substance grise entremêlée de fibres nerveuses ; la matière grise prédomine dans la couche moyenne, tandis que les fibres blanches sont plus abondantes dans les couches externes et internes ; la couche interne surtout est formée à peu près exclusivement par les fibres blanches de la lame rayonnante.

Au-dessous du plan de fibres transverses qui forment la commissure de la voûte optique se trouve la lame commissurale. Cette partie, découverte par Carus, a été décrite assez longuement par Göttsche ([1]). Son aspect est assez variable. Le plus souvent elle se présente sous la forme d'une lame quadrilatère étendue d'avant en arrière sur la ligne médiane de la voûte optique; par ses angles ou piliers antérieurs, cette lame s'insère sur les côtés de la commissure antérieure ; par ses angles ou piliers postérieurs, elle adhère soit au bord postérieur de la voûte optique, soit en arrière de l'extrémité postérieure des renflements semi-lunaires (Trigles). Sa face supérieure adhère à la commissure de la voûte ; sa face inférieure, qui est libre, s'aperçoit immédiatement lorsqu'après avoir incisé latéralement la voûte des lobes optiques, on rabat en avant la portion moyenne de cette voûte. Cette face inférieure présente sur la ligne médiane un léger sillon qui est la trace de la soudure de ses deux moitiés. A cette catégorie de poissons possédant une lame quadrilatère appartiennent les Cyprins, les Trigles, le Brochet etc. Göttsche cite encore les genres Caranx, Scomber, Crenilabrus, Ammodytes, Clupea, Salmo, Cyclopterus Lumpus, Esox Belone.

Dans d'autres cas, la lame commissurale est triangulaire et elle s'étend comme précédemment jusqu'au bord postérieur de la voûte optique (Perche, Pleuronectes Flesus, Hippoglossus et Rhombus). D'autres fois enfin, la lame commissurale est également triangulaire ; mais au lieu d'atteindre le bord postérieur de la voûte optique, elle se termine vers le milieu de cette voûte, à la face inférieure de laquelle elle est attachée. Nous citerons comme exemples de cette forme les Gadus, Pleuronectes, Cottus, Muræna, Blennius, Syngnathus. Chez la Carpe, la lame commissurale est double, ou plutôt les deux moitiés qui la composent normalement restent séparées par suite de l'écartement des bords supérieurs des lobes optiques. Chez un certain

([1]) Göttsche désigne la lame commissurale par les mots *Fornix* et *Brücke* (pont).

nombre de poissons, il existe deux petits mamelons placés transversalement et côte à côte sur l'extrémité antérieure de la lame commissurale, immédiatement au-dessus de la commissure antérieure; je les nomme *éminences commissurales*; ils sont très-apparents chez l'Ablette, la Tanche, les Cyprinus Rutilus, Vimba et Idus.

Nous avons démontré par des expériences directes faites sur l'Épinoche que les lobes optiques sont véritablement les organes de la vision, puisqu'il suffit de détruire la voûte de ces lobes pour annéantir aussitôt le sens de la vue. A la suite de cette opération, l'animal paraît, en outre, frappé de stupeur, comme si les organes qui sont le principe de la vision étaient aussi les mêmes où s'élaborent la pensée et l'intelligence.

Les nerfs optiques naissent toujours des lobes optiques, dont les fibres convergent en bas et en avant pour constituer leurs troncs d'origine. D'après Haller, ces nerfs recevraient des fibres du trigonum fissum; ils en recevraient également des lobes inférieurs, selon Cuvier. Notre opinion est encore indécise à ce sujet. Ce qui est plus certain, c'est que chez tous les poissons osseux, la commissure de Haller établit des rapports plus ou moins intimes entre les bases des deux nerfs optiques. Selon Göttsche, on verrait aussi chez la Raie quelques fibres passer d'un nerf dans l'autre.

Généralement les nerfs optiques sont très-volumineux; aussitôt après leur naissance, ils s'entre-croisent sur la ligne médiane de telle façon que le nerf de gauche passe à droite et réciproquement. Au niveau de cet entre-croisement, les deux nerfs contractent quelquefois des rapports assez curieux : ainsi, chez le Hareng, le nerf du côté gauche présente sur le milieu une fente en boutonnière, à travers laquelle passe le nerf droit. Cependant il n'y a pas échange de fibres en ce point, mais simplement adhérence des nerfs par leur névrilème. Parfois les nerfs optiques sont formés d'une membrane plissée en manière d'éventail et qui peut s'étaler avec assez de facilité, par exemple chez le Hareng, l'Alose, le Callionyme, les Pleuronectes etc.

ÉMINENCE LOBÉE.

L'éminence lobée est une des parties du cerveau les plus sujettes à varier au point de vue de la forme et du volume. Très-développée chez tous les Cyprins, elle remplit chez beaucoup d'entre eux à peu près complétement la cavité des lobes optiques; c'est chez la Carpe et le Barbeau qu'elle acquiert ses plus grandes dimensions; chez la Carpe surtout, son développement est tellement exagéré que son extrémité postérieure fait saillie en dehors du lobe optique. L'éminence lobée est également très-considérable chez le Maquereau. Dans le Brochet, la Perche, le Saumon, l'Alose, le Hareng, le Merlan etc., elle est bien développée, mais beaucoup moins que dans les

espèces précédentes. C'est dans la Lotte et le Chabot qu'elle m'a paru offrir les dimensions relatives les plus faibles.

La forme et la structure de l'éminence lobée ne sont pas moins sujettes à varier que son volume; il serait même difficile de donner une idée exacte de cet organe au moyen d'une description générale; c'est pourquoi je me propose de choisir quelques exemples, que je prendrai ensuite comme terme de comparaison.

Prenons d'abord la Lotte : dans ce poisson, l'éminence lobée se présente sous l'aspect d'un petit renflement légèrement bilobé, placé au fond du lobe optique entre les deux renflements semi-lunaires. Cette éminence occupe, en étendue, à peu près le tiers postérieur de la cavité du lobe optique, et son diamètre transversal équivaut environ au tiers de la largeur de cette cavité. Lorsqu'on examine la composition de cet organe, on voit qu'il est constitué par une lame nerveuse repliée sur elle-même d'avant en arrière et allant s'appuyer par son bord postérieur sur la base du cervelet. Entre les deux feuillets de cette lame ainsi repliée se trouve circonscrit un espace étroit tapissé par une membrane vasculaire provenant de la pie-mère qui recouvre le cervelet. Cette membrane pénètre dans l'intérieur de l'éminence en s'insinuant au-dessous de son bord postérieur. Dans la Grémille, de même que chez la Lotte, l'éminence lobée offre un développement peu considérable et laisse à découvert de chaque côté les renflements semi-lunaires. Elle est creuse et constituée par une lame de tissu nerveux repliée sur elle-même d'avant en arrière commme précédemment. En examinant sa face supérieure, on y distingue, avec un peu d'attention, trois zones à diirection antéro-postérieure ; l'une moyenne et les deux autres latérales. La zone moyenne est de couleur grisâtre, un peu déprimée, et présente sur la ligne médiane un léger sillon. Les zones latérales sont plus blanches; leur bord interne se distingue de la zone moyenne par un bourrelet très-peu apparent. La structure des parois de l'éminence lobée rend parfaitement compte de cette disposition. Cette paroi est, en effet, composée de deux feuillets concentriques, l'un intérieur, l'autre extérieur. Le feuillet intérieur représente une enveloppe fermée en dessus et dont les bords supérieurs rapprochés correspondent au sillon médian de la zone moyenne; le feuillet extérieur est plus court que le précédent; ses bords supérieurs n'arrivent plus jusqu'à la ligne médiane, mais ils restent écartés et laissent apercevoir, dans leur intervalle, la portion du feuillet intérieur qui correspond à la zone moyenne. Lorsqu'on repousse en dehors le bourrelet qui représente le bord interne et supérieur du feuillet externe, on arrive sans peine à isoler ce feuillet du feuillet sous-jacent (1). La séparation est suffisamment nette pour permettre de supposer qu'elle n'est pas purement artificielle

(1) Pour faire cette préparation, il est indispensable de laisser macérer pendant plusieurs jours le cerveau dans du liquide salin (alun et sel).

et qu'elle correspond à quelque disposition organique, que le temps ne m'a pas permis jusqu'ici de rechercher.

L'éminence lobée de la Perche ne m'a paru différer en rien de celle de la Grémille. Chez le Brochet, l'éminence lobée est relativement beaucoup plus considérable que dans les deux espèces qui précèdent. Au premier aspect, cette partie offre la plus grande ressemblance avec les tubercules quadrijumeaux des mammifères, et l'on conçoit aisément comment cette apparence a pu induire en erreur un certain nombre d'anatomistes. L'éminence lobée du Brochet paraît formée de quatre tubercules disposés par paire sur deux rangs, comme les nates et les testes. Les tubercules postérieurs sont arrondis et plus gros que les antérieurs; ils se trouvent séparés l'un de l'autre, ainsi que des tubercules antérieurs, par un sillon profond. Les tubercules antérieurs sont beaucoup moins apparents ; lorsqu'on examine à la loupe la portion de surface qui leur correspond, on retrouve la même disposition que nous avons signalée à la face supérieure de l'éminence lobée de la Grémille; on aperçoit, en effet, une zone moyenne déprimée, de couleur grisâtre, ayant la forme d'un cœur de carte à jouer dont la pointe dirigée en arrière se continuerait avec le sillon médian qui règne entre les tubercules postérieurs; puis deux zones latérales un peu plus blanches et séparées de la zone moyenne par un léger bourrelet. De même aussi que chez la Grémille, la paroi de l'éminence est formée en ce point de deux feuillets concentriques, dont l'externe, plus court que l'interne, laisse apercevoir dans l'écartement de ses bords supérieurs la portion de ce dernier qui correspond à la zone moyenne. Les deux feuillets se séparent aussi avec facilité. Par la dissection, j'ai reconnu que les tubercules postérieurs sont également formés de deux feuillets concentriques aisément isolables et continus l'un et l'autre avec les feuillets correspondants des tubercules antérieurs.

Ainsi donc, on voit qu'au fond l'éminence lobée du Brochet est constituée de la même manière que celle de la Grémille : dans l'une comme dans l'autre, il y a une cavité intérieure et une enveloppe formée d'un double feuillet. Voici la seule différence : tandis que chez la Grémille les parois de l'éminence sont planes ou presque planes, dans le Brochet ces mêmes parois sont fortement plissées, de manière à prendre l'aspect d'un groupe de petits tubercules.

Or on conçoit que le plissement dont je viens de parler puisse se faire de manières très-différentes et qu'il puisse en résulter autant de nuances particulières dans la forme de l'éminence lobée. C'est ce qui a lieu en effet. Ainsi tantôt il n'existe que deux tubercules, d'autres fois il y en a quatre et, quand ce dernier cas se présente, ce sont tantôt les mamelons postérieurs qui sont les plus développés (Brochet); d'autres fois ce sont les antérieurs, ou bien encore les quatre tubercules sont presque

égaux (Saumon); enfin il peut se faire que le plissement soit si faible qu'il devienne difficile de décider s'il y a deux ou bien quatre tubercules, par exemple chez la Perche, la Grémille etc. Ainsi doit s'expliquer, sans doute, la divergence de quelques auteurs à cet égard, les uns ayant admis deux tubercules dans une espèce et d'autres quatre. Toutefois, comme ce sont là des détails de peu d'importance, je n'y insisterai pas davantage. Le point capital pour nous, c'est de connaître la structure de l'éminence lobée et de pouvoir nous rendre compte des variations si nombreuses qu'elle présente dans sa forme.

Au premier abord, l'éminence lobée des Cyprins paraît ne ressembler aucunement à celle des autres poissons; cependant un examen plus attentif conduit à reconnaître que cette partie présente au fond une très-grande analogie avec celle des espèces que nous venons d'examiner. Prenons pour exemple le Cyprinus rutilus. Chez ce poisson, l'éminence lobée est très-volumineuse et remplit presque entièrement la cavité du lobe optique: une simple inspection permet d'y reconnaître deux portions bien distinctes, l'une périphérique et l'autre centrale. *La portion périphérique* se présente sous l'aspect de deux bourrelets saillants, d'une belle couleur blanche et ayant la forme de deux croissants qui se toucheraient par leur extrémité antérieure; Haller les désigne sous le nom de *cornua Ammonis*. *La portion centrale*, qui est très-déprimée, se trouve circonscrite par les bourrelets extérieurs; elle est de couleur grisâtre et présente à peu près la forme d'un cœur de carte à jouer. C'est le tuberculus cordiformis de Haller. Lorsqu'on examine cette partie avec attention, on y distingue trois zones, une moyenne et deux latérales. Les zones latérales ressemblent à deux petits croissants concentriques aux bourrelets de la couche périphérique; elles se continuent directement en arrière avec deux faisceaux de fibres blanches qui remontent dans l'intérieur du cervelet. La zone moyenne est de forme ovalaire, avec un léger sillon sur la ligne médiane; à son extrémité postérieure, on aperçoit un petit orifice quadrilatère, à angles très-aigus, le *foramen cœcum*.

Lorsqu'on repousse en dehors le bourrelet périphérique, de manière à l'écarter du tubercule cordiforme, on reconnaît que ces deux parties se trouvent séparées l'une de l'autre par un mince prolongement de pie-mère. La première de ces parties peut donc être considérée comme une lame nerveuse enroulée, de dehors en dedans, autour de la seconde.

En examinant avec attention le bourrelet périphérique, on reconnaît qu'il est lui-même formé de deux couches, qui se traduisent à sa surface par une petite ligne voisine du bord externe et parallèle à ce bord. La couche externe, qui est plus blanche, paraît formée principalement par des fibres blanches, qui s'élèvent, en rayonnant, de la base du lobe optique. Sur des préparations qui ont séjourné quelque temps

dans du liquide salin, ces deux couches se séparent aisément, et quand la couche interne a été enlevée, l'externe reste sous la forme d'une petite valve arquée, dont le bord concave adhère au côté externe de la zone latérale du tubercule cordiforme.

Du foramen cæcum sortent plusieurs vaisseaux, dont les uns se dirigent en avant et les autres en arrière. Les vaisseaux postérieurs sont les plus grêles, ils se ramifient dans la pie-mère qui recouvre le cervelet; les vaisseaux antérieurs, au nombre de quatre environ, se portent au-dessus du tubercule cordiforme et se ramifient dans la pie-mère qui sépare ce tubercule du bourrelet périphérique.

L'éminence lobée m'a paru offrir la même composition chez tous les Cyprins. J'ai essayé d'étudier sa texture sur le Barbeau, au moyen de coupes verticales très-minces obtenues par le durcissement du cerveau dans le liquide salin; voici ce que j'ai vu. Toutes les parties de l'éminence lobée renferment en abondance de la substance grise; celle-ci est formée d'un mélange de matière granuleuse et de très-petites cellules, au milieu desquelles se trouvent disséminés un certain nombre de cellules plus grandes. Ces grandes cellules sont multipolaires; elles ne sont pas réparties uniformément dans toute l'épaisseur de la substance grise; ainsi on les découvre en assez grand nombre dans la zone moyenne du tubercule cordiforme; elles se trouvent surtout accumulées sur la limite commune de cette zone et des zones latérales. On aperçoit aussi un certain nombre de ces cellules plus grandes sur la limite des deux couches qui forment le bourrelet périphérique.

En comparant l'éminence lobée d'un Cyprin avec celle d'une Grémille ou d'une Perche, on voit que le tubercule cordiforme paraît représenter à lui seul l'éminence lobée tout entière de chacune de ces espèces. Dans un cas comme dans l'autre, on a un organe formé d'une zone moyenne et de deux zones latérales. Le bourrelet périphérique des Cyprins me paraît être une partie surajoutée. Quant au foramen cæcum, je le regarde comme le vestige de la cavité de l'éminence lobée des autres poissons.

Dans le Maquereau, l'éminence lobée a aussi une disposition très-curieuse. Cette éminence se compose, comme chez les Cyprins, d'un noyau central (tubercule cordiforme) et d'une couche périphérique. Celle-ci a un aspect intestiniforme; prise dans son ensemble, elle ressemble à un M dont les branches seraient ondulées et embrasseraient, dans leur écartement supérieur, le tubercule cordiforme.

La même disposition existerait aussi chez le Thon, d'après Cuvier.

L'embryogénie montre que l'éminence lobée ne se développe que très-tardivement; ainsi, chez le Saumon, elle n'est pas encore apparente quand déjà les lobes optiques sont fermés supérieurement. Chez une jeune Anguille ayant 7 centimètres de longueur, l'éminence lobée n'a pas encore les proportions relatives qu'elle doit avoir par la suite.

Les usages de l'éminence lobée sont encore inconnus, et jusqu'à présent rien ne paraît de nature à mettre sur la voie d'une solution. Dans les espèces où le développement de cette partie est considérable, comme chez les Cyprins, le Maquereau, on ne voit aucun des nerfs crâniens croître en proportion avec elle. J'ai également essayé sans succès de découvrir quelque rapport, soit direct, soit inverse, entre le volume de cette partie et celui de quelque autre partie de l'encéphale. Un instant j'avais pensé, en examinant le Barbeau et la Carpe, que l'éminence lobée était, en raison inverse de l'épaisseur des parois du lobe optique et du volume des renflements semi-lunaires; mais l'examen d'un plus grand nombre de types m'a forcé de renoncer à cette manière de voir.

Les rapports de l'éminence lobée avec la quatrième paire sont tellement intimes, que l'étude de ces deux parties ne doit pas être séparée. Le pathétique naît toujours entre les lobes optiques et le cervelet, de la face supérieure du pédoncule cérébral, un peu en dehors de l'éminence lobée. Mais ce n'est là qu'une origine apparente. Déjà en étudiant le Merlan j'avais vu le tronc du pathétique s'enfoncer dans l'épaisseur du pédoncule qui forme la base du cerveau, et je pensais que c'est de là qu'il naît; mais de nouvelles recherches m'ont démontré que l'origine réelle a lieu plus loin, sur la face inférieure de l'éminence lobée. Ce fait est surtout évident chez le Brochet([1]). Lorsqu'on examine chez ce poisson la face inférieure de l'éminence lobée, on aperçoit, au niveau de son extrémité postérieure, une commissure transversale, formée de deux faisceaux de substance blanche, placés immédiatement l'un derrière l'autre. Le faisceau postérieur m'a semblé se perdre par une de ses extrémités dans chacune des moitiés correspondantes de la moelle allongée; le faisceau antérieur, au contraire, n'est autre chose que le prolongement des deux nerfs pathétiques, qui, après avoir traversé la base du cerveau, viennent se rejoindre sur la ligne médiane. Les fibres de ces nerfs m'ont paru naître, au moins en partie, de la face inférieure de l'éminence lobée.

Une particularité très-intéressante s'est encore offerte à nous dans l'étude du pathétique; elle consiste dans l'existence d'une branche allant se ramifier à l'intérieur de l'éminence lobée. Voici le fait tel que je l'ai découvert sur le Merlan : à un millimètre environ de son point d'insertion, le tronc du nerf pathétique se bifurque; l'une des branches de cette division se rend à l'œil, elle constitue le pathétique proprement dit; l'autre branche se porte en dedans, gagne le bord postérieur de l'éminence lobée, s'insinue sous ce bord et se ramifie dans la pie-mère, qui tapisse la cavité de cette éminence; un filet de ces ramuscules intérieurs m'a semblé s'anasto-

([1]) Pour réussir aisément dans cette préparation, il faut fendre le bulbe sur le milieu de sa face inférieure, et écarter ensuite les deux moitiés de manière à mettre à nu la face inférieure de l'éminence lobée.

moser sur la ligne médiane avec un filet semblable venu du côté opposé. J'ai constaté également l'existence d'un rameau de l'éminence lobée sur d'autres espèces que le Merlan; je l'ai vu sur des Cyprins, sur le Brochet etc., ce qui m'autorise à croire que c'est là un fait général et susceptible d'être étendu à tous les poissons osseux (1).

Qu'est-ce donc que cette branche? Comment faut-il l'interpréter? Telles sont les questions qui se présentent naturellement à l'esprit. J'avais cru d'abord à un second faisceau d'origine de la quatrième paire, mais la distribution des fibres terminales dans l'épaisseur de la pie-mère exclut cette manière de voir; cette même terminaison ne paraît guère s'accorder non plus avec l'idée de fibres motrices; et si c'est un nerf sensitif ou végétatif, comment peut-il provenir du pathétique, nerf moteur?

Je suis porté à croire que cette branche de l'éminence lobée est un nerf récurrent provenant d'une anastomose, soit avec le trijumeau, soit avec le grand sympathique. On peut, en effet, s'assurer, en examinant avec attention le tronc d'origine du pathétique sur le Merlan, que ce tronc est plus petit que la branche qui constitue le pathétique proprement dit; de sorte que l'on est en droit de supposer que le rameau de l'éminence lobée n'émane pas du tronc d'origine, mais seulement de la branche du pathétique. Je n'ai point, il est vrai, découvert jusqu'ici d'anastomoses, soit entre la quatrième paire et la cinquième, soit entre la quatrième paire et le grand sympathique, mais ces anastomoses ont pu m'échapper, et comme mes recherches n'ont été faites que sur le Merlan, il serait nécessaire, avant de rien affirmer à cet égard, d'examiner avec soin un certain nombre d'autres types. Des anastomoses ne pourraient-elles pas s'établir pas les fibres terminales?

On sait que chez l'homme il existe une branche récurrente du pathétique et que cette branche est destinée à la tente du cervelet; n'est-il pas curieux de voir aussi chez les poissons une branche de la quatrième paire se ramifier dans la pie-mère qui recouvre la base du cervelet! (2)

PÉDONCULES CÉRÉBRAUX, TROISIÈME VENTRICULE, TUBERCULES PÉDONCULAIRES ET COMMISSURE GRÊLE.

Nous nommons *pédoncules cérébraux* les deux courtes colonnes médullaires qui relient les lobes optiques avec les hémisphères.

(1) Note additionnelle. Cette dernière assertion ne me paraît point justifiée aujourd'hui.

(2) Note additionnelle. J'ai démontré depuis (*Bulletin de la Société des sciences naturelles de Strasbourg*. 1868) que cette branche postérieure du pathétique est l'homologue de la branche postérieure des nerfs spinaux.

Chez les poissons osseux, ces pédoncules se trouvent situés profondément dans l'intervalle des lobes optiques et des hémisphères, ils se touchent inférieurement; par en haut, au contraire, ils restent écartés, et ils interceptent un petit espace allongé qui représente le troisième ventricule. Ce ventricule communique en arrière avec la cavité du lobe optique et en avant avec l'intervalle qui sépare les hémisphères; l'ouver-par laquelle il peut communiquer avec l'infundibulum se trouve, dans la plupart des cas, reportée en arrière à l'entrée du lobe optique.

Sur le bord supérieur des pédoncules cérébraux on aperçoit deux petits tubercules saillants, légèrement aplatis de dedans au dehors, désignés par Göttsche sous le nom de *tubercula intermedia;* je les nomme *tubercules pédonculaires.* Ces tubercules se trouvent reliés l'un à l'autre par la commissure grêle (*commissura tenuissima* de Göttsche). Chez certaines espèces, le Congre par exemple, on voit partir de l'extrémité antérieure de chaque tubercule pédonculaire un petit filet médullaire qui se porte en avant le long du bord supérieur du pédoncule cérébral et va se perdre vers la base de l'hémisphère correspondant.

Chez les Esturgeons, les tubercules pédonculaires et la commissure grêle existent encore avec les mêmes caractères que chez les poissons osseux.

Chez les Squales et les Raies, les pédoncules cérébraux sont également distincts, ils interceptent un troisième ventricule très-large, qui communique en avant avec la cavité des hémisphères, et en arrière avec la cavité du lobe optique; la communication avec l'infundibulum a lieu par une ouverture qui se trouve située tantôt sur le fond et en arrière du ventricule (Sq squatina), tantôt à l'entrée du lobe optique (Sq. mustelus). Les tubercules pédonculaires et la commissure grêle ne sont plus apparents. Peut-être cependant pourrait-on regarder comme l'homologue de la commissure grêle cette bride qui chez certains Squales (Sq. squatina) borde en arrière le troisième ventricule et se trouve séparée du lobe optique par un petit trou circulaire.

Chez la Lamproie fluviatile, les tubercules pédonculaires me paraissent représentés par ces deux renflements allongés qui surmontent les pédoncules cérébraux et qui se trouvent reliés par la glande pinéale. Ces mêmes renflements sont moins développés chez la Lamproie marine que chez la fluviatile.

GLANDE PINÉALE.

Cuvier est le premier, je crois, qui ait donné le nom de *glande pinéale* à ce petit corps qui, chez les poissons, se trouve situé entre les lobes optiques et les hémisphères; cette dénomination a été ensuite adoptée par Carus, Serres, Göttsche. La glande pinéale m'a paru exister d'une manière à peu près constante chez les poissons osseux; je l'ai trouvée chez le Brochet, chez tous les Cyprins, les Pleuronectes,

l'Anguille, le Congre où elle est très-apparente, la Lotte, le Merlan, la Perche, le Saumon etc. Cet organe se présente habituellement sous l'aspect d'un petit corps arrondi, placé dans l'intervalle qui sépare les lobes optiques des hémisphères, par exemple chez le Saumon, le Congre, l'Anguille, la Carpe, le Brochet; d'autres fois, comme chez le Merlan, il est allongé, piriforme et on le voit s'avancer au-dessus de l'intervalle des hémisphères, dont il déborde même quelquefois l'extrémité antérieure(1).

Les rapports de la glande pinéale avec le cerveau sont assez difficiles à établir; ainsi chez le Merlan la glande pinéale est supportée par un long pédicule entouré de vaisseaux, s'enfonçant entre les lobes optiques et les hémisphères. Ce pédicule s'amincit de plus en plus à mesure qu'il descend, et au voisinage de la commissure grêle il devient si ténu qu'il est difficile de décider s'il s'attache à cette commissure, ou bien s'il se perd dans le tissu membraneux de la pie-mère: la dernière opinion me paraît cependant la plus probable; du reste, les vaisseanx qui accompagnent ce pédicule se continuent directement avec ceux de la pie-mère, qui s'enfonce dans l'espace interpédonculaire.

Chez le Merlan, la glande pinéale se présente sous l'aspect d'un petit sac membraneux, transparent, piriforme, supporté comme nous l'avons dit, par un très-long pédicule. A son extrémité antérieure, ce sac adhère à la face interne de la dure-mère par du tissu cellulaire très-lâche et au moyen de quelques vaisseaux; sa surface est recouverte par un lacis de vaisseaux, dont quelques-uns descendent le long de son pédicule. Son tissu se compose d'une enveloppe de nature celluleuse, à l'intérieur de laquelle on rencontre : 1° une matière fondamentale finement granuleuse; 2° des vésicules à contenu transparent, sans noyau ni granulations à l'intérieur, généralement arrondies, mais prenant une forme polygonale quand elles se trouvent pressées les unes contre les autres. Leurs dimensions sont très-variables, elles oscillent généralement entre 2 100 et 1 300 de millimètre; ce sont évidemment des gouttelettes de matière albumineuse; 3° des cellules avec un noyau à l'intérieur; 4° des noyaux libres, offrant généralement de 0,003 à 0,004 de millimètre de diamètre.

Chez d'autres poissons osseux, la glande pinéale m'a paru offrir la même composition que chez le Merlan; seulement cette glande est presque toujours sessile, par exemple chez les Cyprins, le Saumon, le Congre etc.

Si nous passons au groupe des cartilagineux, nous trouvons aussi une glande pinéale bien développée chez les Lamproies. Cette glande, de forme ovoïde, se trouve placée sur la ligne médiane entre deux tubercules pédonculaires volumineux qu'elle relie l'un à l'autre; elle présente à l'intérieur une petite cavité.

(1) Cette situation avancée de la glande pinéale m'explique pourquoi Göttsche n'a pas trouvé cet organe dans le genre Gadus, excepté, dit-il, chez le Gadus Lota.

Chez les Raies et les Squales, la glande pinéale paraît ne plus exister: à l'endroit qu'elle devrait occuper, c'est-à-dire au-dessus de l'espace interpédonculaire, on n'aperçoit autre chose qu'une membrane vasculaire sans apparence d'aucun organe particulier.

LOBES CÉRÉBRAUX.

Les lobes cérébraux ou hémisphères [1] des poissons osseux sont toujours doubles et formés de deux masses distinctes, se touchant simplement sur la ligne médiane et reliées à leur base par une étroite commissure. La couleur de ces lobes est grisâtre, et leur tissu se déchire avec une extrême facilité; leur forme présente d'assez nombreuses variétés: ainsi tantôt elle est assez régulièrement arrondie (Lotte), tantôt allongée et un peu quadrilatère (Goujon et Cyprins en général), tantôt légèrement conique (Chabot), mais elle offre encore une foule d'autres nuances intermédiaires que nous croyons inutile de signaler ici.

La surface des hémisphères présente parfois de légères circonvolutions [2]; celles-ci sont surtout bien prononcées chez le Merlan, où elles m'ont paru affecter une certaine symétrie dans les deux lobes; le plus ordinairement cependant, les lobes cérébraux sont lisses ou bien ne présentent que quelques sillons peu apparents, chez la Lotte et le Brochet par exemple.

Le volume des lobes cérébraux (nous ne parlons ici que du volume relatif) n'est pas moins sujet à varier que leur forme; comparés aux lobes optiques, les hémisphères sont petits dans les Trigles, les Cyprins, le Brochet; ils sont aussi gros ou presque aussi gros que ces lobes dans la Lotte [3], l'Anguille, le Chabot. Il n'existe pas de rapport constant entre le lobe optique et les hémisphères parmi les divers représentants d'une même famille; ainsi, les hémisphères qui sont presque aussi gros que les lobes optiques dans la Lotte, sont beaucoup plus petits que ces mêmes lobes chez le Merlan.

La structure des lobes cérébraux est très-simple; leur tissu est formé d'une masse de substance grise, au sein de laquelle pénètrent des faisceaux de fibres blanches pro-

(1) Tubercula olfactoria superiora, Haller; Colliculi nervorum olfactus, Ebel; Tubercula anteriora cerebri, Scarpa; hémisphères, Arsaky, Carus; Ganglia nervi olfactorii, Weber; lobes antérieurs, Cuvier; lobes cérébraux, Serres, Desmoulins; lobi olfactorii, Göttsche.

(2) Camper avait déjà signalé ce fait: « Dans les Morues et les Égrefins, dit-il, le cerveau est formé de deux globes antérieurs, qui ont des incisions comme notre cerveau etc.; ils donnent naissance aux nerfs olfactoires. »

(3) Haller dit, en parlant de la Lotte: « Tubercula olfactoria superiora grandia, pœne thalamis opticis aqualia. »

venant des pédoncules cérébraux. Sur de minces coupes verticales obtenues sur les hémisphères du Barbeau, j'ai pu suivre les faisceanx blancs jusqu'à une distance assez rapprochée de la face supérieure; on voit ces faisceaux se dissocier peu à peu à mesure qu'ils s'élèvent, et les fibres qui les constituent se perdre au milieu de la substance grise de laquelle elles tirent leur origine. La substance grise se compose d'une matière fondamentale granuleuse, au milieu de laquelle se trouvent répandues en abondance des cellules nerveuses multipolaires de diverses dimensions.

La commissure des hémisphères (*commissura interlobularis* de Göttsche) est formée par de la substance blanche, dont les fibres m'ont paru provenir de trois sources, des pédoncules cérébraux, des hémisphères et des nerfs olfactifs. Cette disposition peut être constatée avec assez de facilité chez le Congre.

Chez les Esturgeons, qui composent la première famille des chondroptérygiens, les hémisphères présentent encore les caractères que nous venons d'indiquer pour les poissons osseux. Ce sont deux masses solides, séparées sur la ligne médiane, où elles sont réunies par une simple commissure. Dans les autres poissons cartilagineux, les hémisphères présentent, au contraire, des différences importantes que nous allons faire connaître avec quelque détail.

Dans les Lamproies, les hémisphères sont peu développés et formés de deux lobes distincts. Lorsqu'on les écarte l'un de l'autre, on aperçoit sur leur face interne une petite fente qui conduit dans un ventricule très-étroit et peu profond creusé dans l'épaisseur de chaque lobe.

Chez l'Ange (Squalus squatina), les hémisphères sont également peu développés; leur volume dépasse à peine celui du lobe optique; mais ils constituent une masse unique, quadrilatère, élargie en avant et dont les angles antérieurs supportent les nerfs olfactifs. Sur le milieu du bord antérieur on aperçoit une échancrure profonde qui divise cette partie en deux lobes distincts. A cette échancrure succède en arrière une simple gouttière qui règne sur le milieu de la face supérieure.

Lorsqu'on enlève la paroi supérieure de ce renflement, on reconnaît que ses parois sont minces et qu'il est creusé d'une assez vaste cavité communiquant largement en arrière avec le troisième ventricule et se bifurquant en avant pour se prolonger dans chaque hémisphère.

Chez le Squalus mustelus, les hémisphères sont au si constitués par un renflement unique, mais très-volumineux et qui l'emporte en grandeur sur toute autre partie de l'encéphale. La forme de ce renflement est à peu près celle d'un quadrilatère dont le bord antérieur serait plus élargi que le postérieur. De chaque angle antérieur naît un gros pédicule, qui va se jeter, après un court trajet, dans la face postérieure d'un tubercule olfactif très-volumineux. La surface des hémisphères est lisse et dépourvue

de toute apparence de circonvolutions; on aperçoit seulement sur la ligne médiane un sillon léger, qui s'avance jusque vers le milieu de la face supérieure, où il se termine par une petite dépression punctiforme, de laquelle partent encore habituellement deux faibles sillons transverses un peu obliques en avant.

Lorsque l'on fait une coupe horizontale des hémisphères, on constate dans leur intérieur l'existence de deux petits ventricules placés de chaque côté de la ligne médiane, et séparés l'un de l'autre par une épaisseur assez considérable de tissu cérébral. En arrière, chacun de ces ventricules se recourbe en dehors, en s'amincissant, et se continue avec un canal étroit creusé dans l'intérieur du pédicule olfactif. En outre de sa communication avec ce pédicule, chaque ventricule présente encore deux autres orifices. L'un d'eux est placé sur le fond tout à fait en avant, et donne passage à un vaisseau; l'autre est situé en arrière et occupe le sommet de la courbe décrite par le ventricule, au moment où celui-ci se continue avec le pédicule olfactif. Ce second orifice communique avec le troisième ventricule au moyen d'un court canal que traversent des vaisseaux et un mince prolongement de la pie-mère; on pourrait donc, sans forcer les analogies, l'assimiler au trou de Monro, qui chez l'homme met également en rapport le troisième ventricule avec les ventricules latéraux.

Les expériences de Desmoulins et Magendie sur la Carpe et celles que j'ai faites sur l'Épinoche ont démontré que, chez les poissons osseux, l'ablation de l'un des lobes cérébraux, ou même celle des deux lobes à la fois, ne détermine aucun trouble appréciable. Sur des Épinoches dont les lobes cérébraux ont été enlevés, la vue et l'intelligence semblent parfaitement conservées, les mouvements restent parfaitement réguliers; quand on cherche à saisir l'animal, ou bien quand on lui suscite des obstacles, il s'échappe et se dirige avec la même agilité, avec la même sûreté qu'avant l'opération. Il est aisé de s'assurer de l'exactitude de ces faits sur des Épinoches, ces poissons pouvant vivre plusieurs jours et même plus d'une semaine après avoir été privés de leurs hémisphères.

Lorsque l'on songe à l'état de stupeur dans lequel l'ablation des lobes cérébraux plonge les mammifères et les oiseaux, on ne peut se défendre d'un certain étonnement en voyant l'ablation des mêmes lobes ne déterminer aucun trouble chez les poissons, et il pourrait même en résulter des doutes touchant la nature de ces lobes, si celle-ci n'était confirmée par des preuves anatomiques d'une valeur irrécusable. Mais, d'un autre côté, de récentes expériences sur l'encéphale de la Grenouille m'ayant démontré que chez ces animaux on peut détruire la moitié antérieure au moins des lobes cérébraux, sans apporter de troubles notables dans les manifestations intellectuelles, il me semble établi qu'à mesure que l'on descend dans la série des

vertébrés, les hémisphères perdent de plus en plus de leur importance fonctionnelle, comme ils perdent aussi de leur importance en volume. Le siége de l'intelligence semble les abandonner, pour se reporter en arrière vers les lobes optiques, et chez les poissons osseux, où ces derniers lobes acquièrent une haute prépondérance et une grande complication, ils semblent être devenus le siége exclusif des facultés intellectuelles. La destruction de ses lobes optiques jette, en effet, aussitôt le poisson dans la stupeur, tandis que l'ablation de ses lobes cérébraux paraît ne lui faire perdre aucune de ses facultés.

TUBERCULES OLFACTIFS.

Chez les poissons osseux il paraît toujours exister au moins deux tubercules olfactifs: généralement, ces tubercules se trouvent placés immédiatement au devant des lobes antérieurs (Perche, Grémille, Orphie, Brochet, Hareng, Alose, Chabot, Épinoche, Saumon, Congre, Anguille); d'autres fois, comme chez les Gades (Merlan, Lotte) et chez presque tous les Cyprins, ils sont situés à l'extrémité des nerfs olfactifs. Dans quelques cas, les tubercules olfactifs se dédoublent de telle sorte qu'au lieu de deux tubercules il en existe quatre, par exemple chez les Trigles et les Maquereaux.

Le volume des tubercules olfactifs est toujours très-faible, comparativement à celui des lobes cérébraux; il faut cependant faire une exception pour le Congre, chez lequel les tubercules olfactifs sont énormes, très-allongés et presque égaux aux hémisphères. Les deux tubercules m'ont toujours paru bien isolés l'un de l'autre sur la ligne médiane, excepté chez le Congre et l'Anguille, où il existe entre eux une étroite commissure blanche; ils sont aussi toujours pleins et formés de substance grise dans laquelle viennent se perdre les filets du nerf olfactif.

Lorsque les tubercules olfactifs sont placés au devant des hémisphères, généralement les nerfs qui en portent sont bien développés et arrondis (Brochet, Perche, Grémille, Congre, etc); quand, au contraire, les mêmes tubercules se trouvent situés à l'extrémité des nerfs olfactifs, ceux-ci sont minces, aplatis, et composés de plusieurs faisceaux distincts (Cyprins, Lotte, Merlan, etc.). Ce rapport montre bien que les tubercules olfactifs sont réellement affectés au sens de l'odorat. Cependant ces tubercules ne sont pas le seul lieu d'origine des nerfs olfactifs; le fait est évident pour les espèces où les tubercules olfactifs sont reportés à l'extrémité des nerfs olfactifs et où par conséquent les nerfs se trouvent naître directement des hémisphères (Cyprins, Gades). Chez le Congre, le nerf olfactif naît par deux racines, l'une interne qui s'avance au-dessous du bord inférieur du lobe cérébral, l'autre externe qui s'enfonce dans l'intérieur du même lobe. La racine interne s'avance jusqu'à la commissure interlobulaire; arrivée en ce point, une partie de ses fibres m'a semblé

pénétrer dans cette commissure, une autre se continuer avec les pédoncules cérébraux. La racine externe peut être suivie jusqu'au centre du lobe cérébral, où elle paraît naître en majeure partie; quelques-unes de ses fibres cependant se recourbent en dedans vers la commissure interlobulaire, dans laquelle elles paraissent se jeter.

LOBES INFÉRIEURS (1).

Les lobes inférieurs se présentent sous l'aspect de deux renflements volumineux ovalaires ou réniformes, situés au-dessous des lobes optiques. Ces deux renflements se trouvent séparés en avant par le *trigonum fissum*; en arrière ils sont beaucoup plus rapprochés et ils se touchent généralement sur la ligne médiane, où l'on n'aperçoit entre eux qu'un feuillet vasculaire mince provenant de la pie-mère. Dans leur moitié antérieure, ils se trouvent confondus avec la base du cerveau; dans leur moitié postérieure, au contraire, ils sont libres et simplement appliqués sur la face inférieure des pyramides. Les lobes inférieurs sont toujours très-développés chez les poissons osseux; leur couleur est habituellement d'un gris uniforme; dans quelques espèces cependant, comme le Hareng et l'Alose, j'ai vu les fibres blanches de l'intérieur s'irradier jusque près de la surface; selon Göttsche, on voit aussi chez le Trigla Gurnardus une élégante irradiation de fibres blanches passer du côté intérieur au côté extérieur.

La surface des lobes inférieurs est presque toujours lisse; cependant chez le Hareng, ainsi que chez l'Alose, cette surface m'a offert des circonvolutions bien prononcées.

Les lobes inférieurs présentent le plus souvent un ventricule à l'intérieur: ce ventricule est très-développé chez le Congre, il s'étend en arrière jusque vers l'extrémité de chaque lobe, et il communique largement en avant avec la cavité de l'infundibulum, de telle sorte que les deux ventricules peuvent en réalité communiquer l'un avec l'autre. Dans l'intérieur de chaque ventricule, on aperçoit des ramifications vasculaires qui proviennent d'un vaisseau de l'infundibulum. Il existe également un ventricule chez l'Anguille et chez tous les Cyprins (2). Chez le Brochet, chacun des lobes inférieurs présente une cavité assez étroite, aplatie de bas en haut, et beaucoup plus rapprochée de la face inférieure que de la face supérieure; cette cavité communique aussi en avant avec l'infundibulum. Selon Göttsche, enfin, les lobes inférieurs seraient

(1) Eminentiæ candicantes, Camper, Treviranus. Tubercula reniformia, tubercula inferiora majora, tubercula inferiora exteriora, Haller. Lobe impair inférieur et moyen, Vicq d'Azyr. Couches optiques, Scarpa. Eminentiæ mamillares, Arsaky. Expansion de l'infundibulum (*Vergrösserung des Trichters*), Carus. Ganglia duo, Weber. Thalami nervorum opticorum, Fenner. Lobes inférieurs, Cuvier. Lobules optiques, Serres. Lobules mammillaires, Desmoulins. Lobi inferiores, Göttsche.

(2) Le ventricule des lobes inférieurs avait déjà été vu chez les Cyprins, par Haller.

pourvus d'un ventricule chez l'Esox belone, les Trigla, Salmo, Pleuronectes, Syngnathus, Gobius, Ammodytes, Caranx, Scomber, Cottus et Agonus. Arsaky donne aussi comme étant creux les lobes de la Cœpola Tænia, et Cuvier ceux du Mullus Surmuletus. Les parois des ventricules sont habituellement grisâtres et recouvertes de stries vasculaires; Göttsche dit qu'elles sont d'une blancheur éblouissante chez le Trigla Gurnardus. Les lobes inférieurs m'ont paru solides dans le Merlan et dans la Lotte, ils le seraient également, d'après Arsaky, chez les Tetrodon Mola, Uranoscopus scaber, Scorpœna Racassa, Trachinus Draco, Xiphias Gladius et Sparus. Du reste, ce sont là des distinctions qui n'ont pas une grande importance, car il peut et il doit arriver que dans certains cas la cavité des lobes se trouve tellement réduite qu'elle devienne difficilement appréciable. Le fait important à noter, c'est que chez certaines espèces, comme le Congre, l'Anguille, les Cyprins, le Brochet etc., les lobes inférieurs présentent une cavité plus ou moins large communiquant avec l'infundibulum.

Les lobes inférieurs sont toujours au nombre de deux; dans certains cas cependant, au lieu de deux lobes il semble en exister quatre, par exemple chez le Hareng, où chaque lobe présente sur le côté et un peu en avant une fente oblique qui le partage en deux segments d'inégale grandeur. Plusieurs anatomistes avaient déjà constaté ce fait, mais ils en ignoraient la cause; j'ai reconnu que cette disposition est le résultat du passage du nerf de la troisième paire. Ce fait est surtout évident sur les cerveaux dont le tissu a été raffermi par l'immersion dans l'alcool ou le liquide salin, et chez lesquels la troisième paire est restée intacte au moment de l'extraction du cerveau hors du crâne. On voit, dans ce cas, le nerf oculo-moteur descendre dans le fond de la scissure interlobaire, comme dans un véritable canal qui serait ouvert sur le côté externe (2). Le nerf ne contracte du reste aucune adhérence avec le tissu environnant, et lorsqu'on l'arrache, les parois qui l'entourent restent dans un état d'intégrité parfaite.

J'ai retrouvé chez l'Alose la même disposition que chez le Hareng, et je crois m'être aperçu qu'elle existe aussi, quoique à un degré beaucoup moindre, dans d'autres espèces.

Les lobes inférieurs sont composés de substance grise, au centre de laquelle s'épanouissent des faisceaux de fibres blanches, qui parfois s'irradient jusqu'à la surface (Hareng, Alose). La substance grise est formée d'une matière fondamentale

(2) Comme le cerveau est assez difficile à extraire du crâne chez le Hareng, souvent il arrive dans cette opération que les nerfs de la troisième paire se trouvent arrachés, et le tissu cérébral, en revenant sur lui-même, comble alors les traces de leur passage. Ainsi doit s'expliquer sans doute l'omission de la part des auteurs d'un fait en réalité assez facile à constater.

granuleuse, au sein de laquelle se trouve une multitude de très-petites cellules multipolaires et des fibres nerveuses primitives. Les faisceaux de substance blanche qui occupent le centre des lobes proviennent de la commissure des pyramides, des pyramides et du faisceau latéral.

Les lobes inférieurs des poissons cartilagineux sont généralement moins développés que ceux des poissons osseux; ils offrent une grande tendance à se confondre sur la ligne médiane, et ils possèdent ordinairement à l'intérieur une cavité plus ou moins vaste, en communication avec l'infundibulum.

Mais tous ces caractères sont loin d'être également accentués. Ainsi chez l'Esturgeon, les lobes inférieurs sont bien développés et bien distincts comme chez les poissons osseux; chez l'Ange (Squalus squatina), au contraire, les lobes inférieurs sont très-petits et creusés à l'intérieur d'une cavité unique, très-vaste, limitée seulement par une coque mince de substance nerveuse. Cette cavité communique très-largement d'une part avec le troisième ventricule et de l'autre avec la tige pituitaire, qui est creuse et fort large.

Quant aux usages des lobes inférieurs, ils sont restés inconnus jusqu'à présent. Selon Arsaky, Cuvier, Desmoulins, Pallas et Treviranus, ces lobes enverraient des fibres aux nerfs optiques et contribueraient par conséquent à l'exercice de la fonction visuelle; d'autres anatomistes, tels que Haller, Carus, Göttsche, sont d'une opinion entièrement opposée. Quoi qu'il en soit, il me paraît établi qu'il n'existe aucun rapport direct entre le volume des lobes inférieurs et celui des nerfs optiques. La position des lobes inférieurs sur la base de l'encéphale est, du reste, un obstacle à peu près insurmontable pour toute recherche expérimentale.

DE L'HYPOPHYSE.

(Glande pituitaire, organe pituitaire, corps pituitaire.)

L'hypophyse a été connue des premiers anatomistes qui se sont occupés du cerveau des poissons. Willis en fait déjà mention : « *Porro in his (piscibus) observare est glandulam pituitariam, infundibulum uti in cæteris animalibus.* » Camper dit aussi : « La base de la cervelle n'a rien d'extraordinaire que deux éminences blanchâtres (*eminentiæ candicantes*) qui sont très-considérables; l'entonnoir est entre elles et l'origine des nerfs optiques, la glande pituitaire y semble être attachée. » Haller en parle également.

Il faut avouer, du reste, que la ressemblance est telle entre l'hypophyse des poissons et celle des vertébrés supérieurs, qu'il n'était guère possible de se méprendre au sujet de cet organe.

Chez les poissons osseux, l'hypophyse est ordinairement logée dans une petite ca-

vité creusée dans la base du crâne, et comparable à la selle turcique des mammifères.

Le plus souvent elle est fixée à l'intérieur de cette cavité, au moyen de brides celluleuses plus ou moins résistantes, de telle sorte qu'il est assez difficile de l'extraire avec le cerveau sans la déchirer [1], par exemple chez le Hareng, l'Alose, le Congre etc. D'autres fois, au contraire, comme chez les Pleuronectes, les Gades, le Merlan surtout, elle se laisse enlever très-aisément avec le cerveau sans se rompre.

Quant à la composition de l'hypophyse, voici ce que nous a offert le Merlan. Chez ce poisson, l'hypophyse est composée de deux portions distinctes, d'un petit globe terminal ovoïde (globe pituitaire) et d'un court pédicule (la tige pituitaire). Le globe pituitaire est généralement d'un gris rougeâtre, quelquefois cependant je l'ai trouvé d'un brun foncé, et en même temps fort turgide, ce qui résultait d'un véritable état apoplectique, ordinairement manifesté par des épanchements sanguins à l'intérieur du crâne.

La surface extérieure de ce globe est recouverte d'un lacis vasculaire très-abondant et plus ou moins apparent, suivant l'état de congestion de l'organe.

Je n'ai pas aperçu de cavité à l'intérieur; son tissu est peu résistant et se déchire avec la plus grande facilité. Lorsque l'on porte sous le microscope un fragment de ce tissu, on y découvre en très-grand nombre des cellules, dont voici les caractères : leur diamètre est de 2/100 de millimètre environ; elles sont arrondies et à contour très-pur; ce contour, qui est double, indique que la membrane d'enveloppe possède une certaine épaisseur. Le contenu de la cellule est formé d'un liquide transparent; on aperçoit seulement sur un point de la membrane d'enveloppe un noyau aplati en manière de disque et contenant des granulations à l'intérieur. Ce noyau paraît adhérer intimement à la paroi de la cellule; le plus souvent au niveau de son point de contact avec cette paroi, on voit celle-ci refoulée légèrement vers l'extérieur, et cette portion plus convexe de la cellule représente assez bien, par rapport à la cellule entière, l'aspect de la cornée relativement à la sclérotique. Parfois le soulèvement de l'enveloppe qui s'effectue ainsi vis-à-vis du noyau est beaucoup plus marqué et le noyau se trouve reporté tout entier en dehors de la courbure du reste de la cellule. Dans quelques cas enfin, il m'est arrivé d'apercevoir des cellules bilobées. Il est donc permis de supposer que ces cellules se développent par scission, et que le globe pituitaire est le siége d'un véritable travail histogénique, comparable à celui qui se

[1] Lorsque l'hypophyse est solidement fixée à l'intérieur de la selle turcique, comme il est souvent impossible de l'extraire en soulevant directement le cerveau, il faut, dans ce cas, agir par le côté et exciser avec précaution la paroi latérale et inférieure du crâne, de manière à arriver jusqu'à l'hypophyse, que l'on dégage ensuite avec facilité.

passe dans les glandes vasculaires sanguines, mais dont le résultat physiologique est encore inconnu.

En outre de ces cellules on trouve aussi de nombreuses granulations. La tige pituitaire est représentée par un court pédicule, qui d'une part s'insère sur le milieu de la face supérieure du globe terminal, et de l'autre adhère au sommet du trigone pituitaire. Lorsqu'on arrache cette tige de sa base, on aperçoit au niveau de son point d'insertion une petite fente elliptique qui communique avec l'infundibulum. Cette tige est composée de deux portions, l'une périphérique et l'autre centrale. La portion périphérique est formée de substance blanche, elle naît du pourtour de l'entrée de l'infundibulum, s'avance autour de la tige, en l'enveloppant comme un manchon, et s'épanouit sur la base du globe pituitaire. La portion centrale n'est autre chose qu'un prolongement du globe pituitaire, ayant la forme d'un petit cône dont la pointe proémine librement à l'entrée de l'infundibulum. La surface de la tige pituitaire est recouverte d'un certain nombre de vaisseaux qui pénètrent dans l'infundibulum. Dans le Congre, le globe pituitaire est formé de deux portions distinctes, placées l'une au devant de l'autre comme chez l'homme; un sillon transversal très-superficiel indique leur ligne de séparation.

La portion antérieure la plus considérable est de couleur grise; la portion postérieure est blanche, au contraire, et elle présente à sa surface un réseau de petites lignes, qui paraissent correspondre à autant de petites utricules. Du pourtour de l'infundibulum descend un faisceau de substance blanche, qui va s'épanouir presque en totalité dans le segment postérieur.

Chez le Brochet, lorsqu'on arrache avec précaution l'hypophyse, on voit celle-ci rester suspendue par deux petits faisceaux de substance blanche qui se portent en avant, s'enfoncent en arrière et au-dessous de la commissure de Haller, et vont se jeter dans le pédoncule cérébral. J'ai aussi observé le même fait sur le Hareng.

Chez d'autres poissons que j'ai examinés, l'hypophyse m'a paru ressembler à celle du Merlan. Cet organe ne diffère guère d'un genre ou d'une espèce à l'autre que par son volume et la longueur de sa tige. Chez les Pleuronectes, l'hypophyse est très-grosse comparativement à celle des autres poissons. Göttsche cite surtout sous ce rapport les Pleuronectes saxicola et Pleuronectes Rhombus ; il dit même que dans un cas l'hypophyse de ce dernier poisson était tellement turgide qu'elle égalait en grosseur le lobe optique. Selon Desmoulins, l'hypophyse du Cyclopterus Lumpus serait égale en grosseur aux deux lobes inférieurs.

La forme du globe pituitaire est généralement arrondie (Cottus et Pleuronectes); d'autres fois elle est ovoïde, chez les Gades par exemple. Selon Camper, la tige de l'hypophyse atteindrait une longueur démesurée chez le Lophius piscatorius; elle est très-longue chez l'Alose.

Dans l'ordre des poissons cartilagineux, l'hypophyse est aussi en général bien développée; chez les Esturgeons, nous lui avons trouvé les mêmes caractères que chez les poissons osseux; chez les Raies et les Squales, ses différences sont, au contraire, beaucoup plus tranchées.

Si l'on compare l'hypophyse des poissons à celle des autres vertébrés, on reconnaît que dans aucune autre classe cet organe ne possède un volume aussi considérable comparativement à la masse totale du cerveau. La constance de cet organe dans toute la classe des vertébrés permet aussi de supposer qu'il doit jouer dans l'économie du cerveau un rôle d'une certaine importance; sa structure, qui se rapproche à un haut degré de celle des glandes vasculaires sanguines, vient encore à l'appui de cette manière de voir.

SAC VASCULAIRE.

La dénomination de *sac vasculaire* appartient à Göttsche; elle est, du reste, parfaitement appropriée à l'organe qu'elle représente. Cuvier désignait cette partie par l'expression suivante; *appendice membraneux vasculeux*. Camper en fait déjà mention chez le Gadus Morrhua et le Lophius piscatorius.

Le sac vasculaire est situé au-dessous des lobes inférieurs, en arrière de l'hypophyse. Chez le Merlan, que je prendrai pour exemple, il est représenté par un petit sac arrondi en cœur, et formé d'une membrane délicate, à la surface de laquelle on voit ramper de nombreux vaisseaux. Ce petit sac est souvent tellement transparent, que lorsqu'on examine sous l'eau un cerveau fraîchement préparé, son contour s'aperçoit difficilement et sa présence ne se décèle que par les fines stries vasculaires qui se dessinent à sa surface. Cependant, de même que pour l'hypophyse, sa couleur et sa transparence varient beaucoup selon l'état de congestion de l'organe, et dans certains cas, par suite d'hémorrhagie sans doute, ce sac paraît transformé en un petit caillot sanguin.

Lorsque le cerveau a séjourné quelque temps dans du liquide salin, le sac vasculaire acquiert un degré d'opacité et de consistance qui permet de l'étudier aisément. Au moyen d'une incision on reconnaît qu'il est creux et formé d'une membrane dont la face interne, de couleur grisâtre, présente de nombreux plis longitudinaux qui s'irradient du point d'insertion de l'organe sur tout le pourtour de sa cavité.

Ce sac vasculaire paraît n'être qu'un diverticulum de la pie-mère, avec laquelle il se continue au niveau de l'extrémité antérieure de la fente qui sépare en arrière les deux lobes inférieurs.

Lorsqu'on soumet au microscope un fragment du sac vasculaire à l'état frais, on reconnaît que son tissu se compose: 1° d'une trame de tissu cellulaire; 2° de vésicu-

les à contour très-pur, renfermant un liquide transparent et formées sans doute de gouttelettes de matière albumineuse. Ces vésicules sont arrondies lorsqu'elles sont isolées; elles prennent, au contraire, une forme polygonale quand elles se trouvent pressées les unes contre les autres. On les aperçoit, du reste, en très-grande abondance. Les dimensions de ces vésicules sont extrêmement variables: on en trouve depuis 1/200 de millimètre, jusqu'à 2/100 et 3/100 de millimètre; 3° de petites cellules arrondies, dont l'intérieur renferme de nombreuses granulations, et dont les dimensions sont en général de 5/1000 à 7/1000 de millimètre.

La composition du sac vasculaire m'a paru la même chez d'autres espèces que j'ai examinées.

L'aspect extérieur du sac vasculaire est très sujet à varier dans les différentes espèces: tantôt, avons-nous dit, il est arrondi et un peu cordiforme (Merlan); d'autres fois, il présente l'aspect d'un cœur allongé (Trigles); dans quelques cas, comme chez la Limande, il est étroit, très allongé, et en forme de bissac. Le plus souvent son volume est peu considérable et il se trouve resserré entre les lobes inférieurs (Gadus et Pleuronectes), mais parfois aussi il atteint le volume de l'un des lobes inférieurs, chez le Cottus Scorpius par exemple (Göttsche).

Le sac vasculaire reçoit ses vaisseaux d'une branche artérielle passant au fond de la scissure qui sépare en arrière les lobes inférieurs.

Chez les Raies et les Squales, le sac vasculaire est très-développé et présente l'aspect d'un large sac formé d'une membrane assez épaisse, étendue au-dessous et en arrière des lobes inférieurs.

DE LA DÉTERMINATION DES PARTIES QUI COMPOSENT L'ENCÉPHALE.

Nous venons d'étudier les diverses parties de l'encéphale au point de vue de leur structure anatomique; il nous reste maintenant à rechercher à quelles parties de l'encéphale des vertébrés supérieurs correspond chacune de ces parties. Cette étude a préoccupé de très-bonne heure les anatomistes; malheureusement les difficultés dont elle est entourée ont donné lieu à de telles divergences d'opinions que les incertitudes à cet égard sont loin encore aujourd'hui d'avoir entièrement disparu.

Plusieurs moyens d'une efficacité plus ou moins grande s'offrent au naturaliste pour résoudre cette question, ce sont : la comparaison des formes, la situation relative des parties, l'étude des origines des nerfs, l'embryogénie et l'histologie comparée. Chacun de ces moyens pris isolément est à même de fournir des résultats de plus ou moins de valeur en raison de sa nature, mais il est clair que dans la solution d'une question à l'égard de laquelle aucun secours ne saurait

être superflu, tous doivent intervenir. C'est pour n'avoir fait usage que de quelques-uns d'entre eux, et surtout pour s'être trop préoccupés des formes extérieures, que les anatomistes ont été conduits parfois dans leurs comparaisons aux interprétations les plus étranges.

Je me suis efforcé, dans les pages qui suivent, de recueillir tous les indices qui m'ont paru de nature à pouvoir éclairer la question.

Les caractères du cervelet, sa forme, sa position sur la ligne médiane et au-dessus du quatrième ventricule, ses rapports avec les cordons restiformes, n'ont guère permis aux anatomistes de méconnaître la nature de cet organe; sur ce point l'accord est à peu près unanime; Weber cependant prit le cervelet pour un *corpus quadrigeminum*, et Ebel le regarda comme une portion du cerveau proprement dit; mais ce sont là des opinions isolées, formulées sans preuves à l'appui et qui ne furent point généralement partagées. Il est presque impossible, en effet, de ne pas reconnaître dans le cervelet des poissons l'homologue du cervelet des mammifères; l'absence de circonvolutions ne saurait être une objection à cette manière de voir, puisque ce caractère commun à tous les mammifères disparaît chez quelques-uns d'entre eux, et que, chez les Sélaciens (Raies et Squales), le cervelet présente déjà des plis comme chez les oiseaux; parmi les poissons osseux, Cuvier signale chez le Scomber Thynnus un cervelet sillonné transversalement; Carus cite également comme un fait digne de remarque, les sillons que présente le cervelet de l'Echeneis Remora.

Un indice de grande valeur à mes yeux pour la détermination du cervelet, c'est l'époque tardive du développement de cet organe. On sait que chez les mammifères et chez les oiseaux, le cervelet n'apparaît qu'à une époque très-avancée de la vie embryonnaire; il en est de même chez les poissons. Dans le Saumon, par exemple, je me suis assuré que le cervelet n'est encore que très-imparfaitement développé à l'époque de l'éclosion des œufs, et pendant l'incubation le cervelet ne fait encore aucune saillie en arrière des lobes optiques, quand ceux-ci sont déjà parfaitement développés et fermés par en haut. Enfin, il n'est pas jusqu'à l'histologie elle-même qui ne semble fournir aussi quelques preuves, puisque nous avons vu qu'il existe au-dessous de la couche grise extérieure du cervelet une zone de grandes cellules comparable à la zone de Purkinje.

La détermination des lobes qui précèdent le cervelet et que nous avons désignés sous le nom de *lobes optiques* présente de plus grandes difficultés; aussi les opinions des anatomistes ont-elles été très-partagées à leur égard.

Pour résumer ces opinions, nous dirons que, selon Camper, Cuvier, Treviranus, Göttsche etc., les lobes optiques correspondraient soit aux hémisphères, soit seulement aux lobes postérieurs et moyens du cerveau de l'homme, et que, d'après Arsaky,

Carus, Serres et Desmoulins, ces mêmes lobes représenteraient les tubercules quadrijumeaux.

Relativement à la première de ces opinions, je laisserai parler Cuvier, qui a discuté la question avec le talent et la lucidité qui le caractérisent. « La dénomination que l'on doit donner aux paires de lobes qui sont placés au-devant du cervelet, dépend de l'importance relative que l'on attribue soit à la complication de leur structure, soit à l'origine du nerf optique. Si l'on s'attache à l'origine du nerf optique, il est certain qu'on peut trouver de l'analogie entre les lobes creux et cette paire externe des lobe du cerveau des oiseaux à laquelle on avait donné le nom de *couches optiques* et que M. Gall aime mieux considérer comme les analogues des tubercules quadrijumeaux.

« Mais si l'on a égard à la composition des lobes creux, à ce bourrelet demi-circulaire, espèce de corps cannelé qui fait la base intérieure de leur enveloppe, et d'où partent les fibres transverses de leur plafond, à la position du troisième ventricule, à celle de la commissure placée en avant de l'entrée de ce ventricule et qui nécessairement répond à la commissure antérieure du cerveau, aux petits tubercules cachés dans leur intérieur, et qui ressemblent si bien, par la position, la figure, les rapports, aux tubercules quadrijumeaux des mammifères, on y pourra reconnaître aussi tous les caractères essentiels du cerveau des vertébrés. Une comparaison avec quelques mammifères, où la partie antérieure des hémisphères, d'où naît immédiatement le nerf olfactif, est séparée du reste par un sillon profond, et représente les lobes antérieurs des poissons, confirmera cette analogie.

« La Tortue, le Crapaud et beaucoup d'autres reptiles la confirmeront également. Le lobe olfactif de leur cerveau ressemble aux lobes antérieurs des poissons. Leur cerveau ressemble aux lobes creux. Il a les mêmes corps analogues aux cannelés, les mêmes commissures, la même entrée pour le troisième ventricule et pour l'infundibulum. Seulement, dans les reptiles, les tubercules analogues des quadrijumeaux sont grands et creux comme dans les oiseaux, rapprochés l'un de l'autre en dessus comme dans les quadrupèdes, et visibles au dehors, tandis que dans les poissons ils sont à la fois, comme dans les quadrupèdes, solides, rapprochés l'un de l'autre, petits et cachés par l'hémisphère, qui se porte en arrière jusque près du cervelet.

« On a beau avoir remarqué que dans les embryons de quadrupèdes et d'oiseaux, les hémisphères sont à peu près aussi petits, et les tubercules quadrijumeaux aussi grands à proportion que les lobes antérieurs et les lobes creux des poissons. Les hémisphères n'y sont pas pour cela des masses solides, et les tubercules, quoique creux, ne montrent pas dans leur intérieur des corps cannelés et d'autres tubercules plus petits. Ce n'est pas sous eux qu'est la commissure antérieure du cerveau, et ils n'interceptent pas le troisième ventricule. Dans les reptiles, que l'on a voulu aussi

faire entrer en comparaison, il est vrai, ainsi que nous venons de le dire, que les tubercules optiques sont creux comme dans les oiseaux, mais les hémisphères le sont aussi et contiennent un corps cannelé, ressemblant, en un mot, de tout point à ces lobes creux des poissons, et ils leur ressemblent d'autant plus qu'ils ont aussi en avant des espèces de lobes solides, qui sont leurs lobes olfactifs.

« Un argument plus plausible est celui que l'on tire de la glande pinéale. A la vérité, cette partie ne se voit pas dans le grand nombre des poissons; mais il est bien difficile de ne pas reconnaître pour telle dans l'Anguille, et surtout dans le Congre, un petit globe de matière grise, placé au-devant des lobes creux, et inséré par deux petits cordons à la base postérieure des lobes solides qui sont devant eux.

« Dans la Morue et dans d'autres poissons où il n'y a pas de globule, on voit au moins un petit filet médullaire flottant à cet endroit.

« Si ces parties représentent la glande pinéale et ses pédicules, on sera obligé d'avouer que, quel que soit le système d'analogie que l'on adoptera, il y aura dans le cerveau des poissons au moins transposition des connexions.

« Le troisième ventricule et l'infundibulum seront rejetés en arrière dans l'hypothèse où les lobes creux seraient les analogues des tubercules quadrijumeaux. La glande pinéale sera rejetée en avant dans l'hypothèse qui regarde ces lobes comme les hémisphères. »

A ces raisons développées par Cuvier, M. Serres oppose des arguments tirés de l'embryologie comparative : il nous fait suivre pas à pas le développement des lobes optiques dans les différentes classes d'animaux vertébrés; il nous montre que chez les mammifères les tubercules quadrijumeaux sont d'abord représentés par deux lobes creux comparables aux lobes optiques des poissons, mais qui se divisent et se solidifient par les progrès de l'âge ; que chez les oiseaux les gros lobes creux qui existent sur les côtés de la base du cerveau, se trouvent primitivement rapprochés l'un de l'autre à la face supérieure de l'encéphale; que chez les reptiles enfin les lobes optiques sont creux également et correspondent par leur position aux lobes optiques des poissons.

Malgré les excellentes raisons apportées par M. Serres, il s'est trouvé encore des anatomistes auxquels les vues de Cuvier ont semblé préférables; il importe donc d'examiner à fond les objections que le grand naturaliste a présentées, afin de les réduire à leur juste valeur.

Cuvier, nous l'avons vu, reconnaît l'importance qu'il faut attacher à l'origine des nerfs optiques, et il convient de l'analogie qui existe sous ce rapport entre les lobes optiques des oiseaux, des reptiles et ceux des poissons; mais il se laisse bientôt dominer par l'aspect des parties intérieures, dans lesquelles il trouve une ressemblance,

d'une part avec les tubercules quadrijumeaux, de l'autre avec les corps cannelés des mammifères.

Convenons cependant que dès l'instant où l'on veut prendre pour guide la conformation extérieure des parties, il est aussi judicieux d'assimiler aux tubercules quadrijumeaux le lobe optique, que de leur assimiler ces petits tubercules qui constituent l'éminence lobée. Si, en effet, chez certains poissons, tels que le Brochet, le Saumon etc., l'éminence lobée présente jusqu'à un certain point l'aspect des tubercules quadrijumeaux, quelle ressemblance pourrait-on découvrir entre ces tubercules et l'éminence si compliquée d'un Cyprin ou d'un Scombre? Pour éviter des rapprochements forcés semble-t-il, on en établit d'autres qui ne le sont pas moins.

L'étude du cerveau des Plagiostomes, entièrement négligée par Cuvier, sert beaucoup, du reste, à éclairer ce point litigieux. Le cerveau de ces poissons peut, en effet, par sa composition, être considéré comme un terme de transition, un moyen terme, si l'on veut, entre l'encéphale des reptiles d'une part, et celui des poissons osseux de l'autre; il suffit donc de rapprocher de ce moyen terme les termes extrêmes pour voir aussitôt saillir leurs communes analogies. De cette comparaison il ressort avec évidence que les lobes creux qui précèdent le cervelet chez les Squales correspondent aux tubercules bijumeaux des reptiles et aux lobes optiques des poissons osseux. Il est clair d'ailleurs, que si les tubercules intérieurs du lobe optique des poissons osseux représentaient les quadrijumeaux des mammifères, comme ces mêmes tubercules font défaut chez les Plagiostomes et les Cyclostomes, il faudrait admettre que les poissons de ces deux groupes manquent de tubercules quadrijumeaux.

Cuvier tire encore une objection de l'état solide des lobes antérieurs; mais cette objection n'est pas mieux fondée, car elle est sans valeur à l'égard de presque tous les cartilagineux dont les hémisphères sont creux et correspondent évidemment aux lobes antérieurs des poissons osseux.

Dans son hypothèse, Cuvier se trouve embarrassé naturellement par la position de la glande pinéale; mais il se sauve de cette difficulté, en disant que si la glande pinéale est bien cet organe, et les lobes creux l'équivalent des tubercules quadrijumeaux, le troisième ventricule et l'infundibulum se trouveront rejetés en arrière et qu'il faudra dans tous les cas admettre, dans le cerveau des poissons, au moins une transposition des connexions.

Que l'infundibulum se trouve un peu reporté en arrière, je l'admets; mais qu'il y ait transposition des connexions, c'est là une proposition qui me paraît plus difficilement acceptable. Pour nous éclairer sur ce point, portons d'abord notre attention sur les Squales, sur le Squalus Squatina (Ange) par exemple. Chez ce poisson, on

aperçoit dans l'intervalle qui sépare les lobes optiques des hémisphères une petite cavité qui, d'une part, communique avec les ventricules cérébraux, et de l'autre avec le lobe optique. Sur le fond de cette cavité, qui représente le troisième ventricule, on découvre en arrière, immédiatement au devant du lobe optique, une petite fente ovalaire qui est l'entrée de l'infundibulum; il en est de même chez la Lamproie. L'infundibulum occupe donc ici sa place normale.

Chez le Squalus Mustelus, dont le lobe optique est un peu plus développé que celui de l'Ange, l'entrée de l'infundibulum se trouve un peu plus reculée et située au-dessous du bord antérieur du lobe optique. Supposons maintenant que le lobe optique acquière une prédominance excessive, comme c'est le cas des poissons osseux, l'extrémité antérieure de ces lobes empiétera de plus en plus sur les pédoncules cérébraux, et il en résultera que l'ouverture de l'infundibulum semblera rejetée en arrière et s'apercevra soit au-dessous de la commissure antérieure, soit même plus en arrière à l'entrée du lobe optique; mais on voit qu'il n'y a là en réalité aucune transposition des connexions: il y aurait, au contraire, transposition véritable, dans le cas où l'on voudrait assimiler le lobe optique aux hémisphères, car alors la glande pinéale se trouverait reportée en avant des lobes cérébraux.

Il me paraît donc parfaitement établi, par tout ce qui précède, que les déterminations auxquelles l'embryologie a conduit Arsaky et M. Serres sont les seules réellement acceptables, et que les lobes optiques des poissons correspondent bien aux tubercules bijumeaux des reptiles et des oiseaux, ainsi qu'aux tubercules quadrijumeaux des mammifères.

Les lobes optiques étant reconnus comme homologues des tubercules quadrijumeaux, il nous reste maintenant à déterminer la nature de l'éminence lobée que l'on a si souvent comparée à ces tubercules.

Deux hypothèses peuvent se présenter ici : l'éminence lobée est un organe de formation nouvelle; elle est une partie modifiée d'un organe déjà préexistant. Je me suis arrêté à la seconde : l'éminence lobée n'est pour moi autre chose qu'un prolongement de la lame du cervelet.

De prime abord, une telle supposition pourra paraître peu vraisemblable, et il semblera bien difficile d'admettre qu'un organe aussi volumineux et aussi compliqué que l'éminence lobée d'une Carpe, d'un Barbeau ou de tout autre Cyprin, puisse être regardée comme un appendice du cervelet.

Il est vrai que si l'on s'en tenait à ces quelques exemples, le fait resterait plus que douteux; aussi ce n'est pas là, mais dans des cas beaucoup plus simples, que je me propose d'aller puiser mes preuves.

Laissons donc un instant le groupe des poissons, et portons notre attention sur le

cerveau d'un animal d'un groupe voisin, la Grenouille [1]. Lorsqu'on ouvre le lobe optique, on distingue sur le fond de ce lobe deux régions distinctes: l'une antérieure très-déprimée, l'autre postérieure plus relevée et qui s'avance vers la première en manière de promontoire. A l'aide d'une coupe verticale et antéro-postérieure du cerveau, on voit que cette saillie en promontoire s'avance au dedans du lobe optique, à peu près de la même manière que l'éminence lobée de certains poissons, de la Lotte par exemple, et l'on reconnaît en même temps qu'elle n'est autre chose qu'un repli intérieur formé par la paroi du lobe optique au moment où celle-ci se recourbe pour aller se continuer en arrière avec la voûte de l'aqueduc de Sylvius et le cervelet. Le repli en question peut donc être regardé comme résultant de l'adossement de deux feuillets, l'un supérieur dépendant du lobe optique, et l'autre inférieur dépendant de la voûte de l'aqueduc de Sylvius.

Supposons maintenant que le feuillet supérieur vienne à s'amincir au point où il se recourbe vers le haut pour former la voûte optique et que de cet amincissement porté à l'extrême, résulte une solution de continuité, nous aurons exactement l'éminence lobée du Chabot, de la Lotte, du Merlan, de la Grémille etc., ou de tout autre poisson osseux chez lequel cette éminence présente une très-grande simplicité et ne forme qu'un simple repli placé au-devant de la base du cervelet; que ce même feuillet supérieur séparé du lobe optique vienne à se plisser, et nous aurons l'éminence lobée à tubercules multiples du Brochet, de l'Éperlan, du Saumon, etc. Dans tous les cas que je viens de citer, la continuation directe des parois de l'éminence lobée avec la lame du cervelet est des plus évidente.

La cavité de l'éminence lobée, les rapports de cette cavité avec la pie-mère, la continuité de cette dernière membrane avec celle qui recouvre le cervelet, confirment également notre manière de voir.

Quant à l'éminence lobée des Cyprins, malgré les différences d'aspect qui la caractérisent, elle m'a paru constituée au fond de la même manière; seulement par suite d'un développement excessif de quelques-unes de ses parties, et peut-être aussi par suite de l'addition de quelques parties nouvelles, elle s'éloigne assez de la forme générale pour que ses caractères soient au premier abord difficiles à reconnaître.

Si l'éminence lobée est un prolongement du cervelet, comment alors expliquer ses rapports avec le plancher du lobe optique? Voici ma pensée à cet égard : au moment où les cordons restiformes se jettent dans le cervelet, une portion de ces cordons se porte en avant dans l'éminence lobée et forme son pédicule; d'un autre côté, à mesure que l'éminence lobée proémine davantage à l'intérieur du lobe op-

[1] Note additionnelle. Cet exemple, emprunté à la Grenouille, laisse à désirer; il n'était point nécessaire du reste, la continuité de la lame du cervelet avec la voûte du lobe optique existant chez les Squales.

tique, ce pédicule est entraîné en avant et par conséquent empiète davantage aussi sur le fond du ventricule. Or on conçoit qu'il puisse exister à cet égard une foule de variations, selon que le pédicule de l'éminence lobée reste plus ou moins confondu en arrière avec les pédoncules du cervelet; cette éminence pourra ainsi être adhérente dans une plus ou moins grande partie de son étendue, ou même être libre jusqu'à sa base. Cette dernière circonstance s'observe précisément chez l'Esturgeon, où l'extrémité antérieure du cervelet s'avance à l'intérieur du lobe optique en formant une saillie entièrement libre.

Remarquons en passant que dans le cas où l'on voudrait regarder l'éminence lobée des poissons osseux comme un organe spécial annexé au plancher du lobe optique, la saillie en bouchon du cervelet de l'Esturgeon serait un fait isolé et dépourvu de toute corrélation, tandis que, d'après notre manière de voir, ce fait, loin d'être une anomalie, s'explique au contraire de la manière la plus simple et la plus naturelle.

Au surplus, que peut-il donc y avoir d'étrange à considérer l'éminence lobée comme un prolongement du cervelet! ne voit-on pas quelque chose de tout à fait comparable se manifester chez les Squales et les Raies, mais en sens opposé : la lame transversale qui existe au-dessous du cervelet de ces poissons, les replis qui bordent leur quatrième ventricule, et qui pourtant sont des dépendances de la lame cérébelleuse, sont-ils moins surprenants que ce prolongement antérieur qui forme l'éminence lobée des poissons osseux !

Pour terminer ces considérations relatives à la détermination de l'éminence lobée, je dirai que l'embryologie m'a aussi montré une sorte de parallélisme entre le développement de cet organe et celui du cervelet. Le cervelet, nous le savons, ne se développe que très-tardivement et lorsque les lobes optiques sont déjà fermés par en haut; j'ai constaté sur le Saumon le même fait pour l'éminence lobée: cet organe n'apparait qu'à une époque avancée de l'incubation et lorsque la voûte des lobes optiques est déjà fermée supérieurement [1].

La détermination des lobes qui précèdent le lobe optique découle naturellement de celle que nous avons adoptée à l'égard de celui-ci. Il est clair, en effet, que si les lobes optiques des poissons représentent les tubercules bijumeaux des reptiles, ceux qui les précèdent correspondent aux hémisphères, et ceux qui sont au-devant de ces derniers, aux tubercules olfactifs. Les circonvolutions qui, chez certaines espèces, recouvrent les lobes antérieurs sont une preuve de plus à l'appui de cette manière de voir.

[1] Le développement tardif de l'éminence lobée prouve bien aussi que cet organe n'est pas l'homologue des tubercules quadrijumeaux, dont l'apparition a toujours lieu dès le début de la vie embryonnaire.

Nous avons démontré précédemment que l'état solide des lobes antérieurs chez les poissons osseux ne peut donner lieu à aucune objection sérieuse.

Quant aux tubercules pédonculaires, je les considère comme des rudiments de la couche optique. Leur situation sur les côtés du troisième ventricule, entre les tubercules bijumeaux d'une part, et les hémisphères de l'autre, leurs rapports avec la commissure grêle et la glande pinéale me paraissent autoriser cette manière de voir. La probabilité devient plus grande encore lorsqu'on voit, chez la Lamproie fluviatile, les tubercules pédonculaires prendre l'aspect de deux renflements allongés réunis sur la ligne médiane par la glande pinéale. Enfin, ces tubercules se développent de très-bonne heure et ils occupent une place importante dans le cerveau des jeunes embryons[1]; ce n'est que plus tard et lorsque les parties voisines acquièrent une grande prédominance, que leur volume relatif paraît beaucoup moindre.

Si les lobes qui existent à la face supérieure de l'encéphale ont été l'objet de nombreuses contestations, les renflements qui constituent les lobes inférieurs ont été interprétés également de manières très-différentes par les anatomistes. Nous avons vu que Camper, Arsaky, Desmoulins ont comparé ces lobes aux éminences mammillaires; Cuvier aux couches optiques et aux tubercules bijumeaux des oiseaux; que Carus les a regardés comme des lobes de l'hypophyse, M. Serres comme un accroissement de la matière grise située en arrière des nerfs optiques, et M. Hollard comme des corps striés.

Il me serait difficile aujourd'hui de me prononcer sur la valeur définitive de ces différentes opinions, car pour cela il faudrait avoir une connaissance approfondie des parties qui forment la base du cerveau dans toute la série des vertébrés, et ce point d'anatomie laisse encore beaucoup à désirer. Voici donc provisoirement quelques considérations qui me paraissent ressortir avec assez de certitude de l'examen des faits.

Il me semble impossible d'admettre que les lobes inférieurs puissent être des corps striés comme l'a avancé M. Hollard; chez aucun vertébré les corps striés n'occupent la face inférieure du cerveau; jamais non plus ces corps ne sont creux et ne communiquent avec l'infundibulum. J'ai pu me convaincre en outre par l'étude directe des faits qu'à aucune époque du développement les lobes inférieurs des poissons ne se trouvent dirigés vers la face supérieure du cerveau comme les corps striés ; on ne saurait donc admettre qu'ils sont venus se placer plus tard au-dessous de lui, comme cela a lieu pour les tubercules bijumeaux des oiseaux; sur des embryons de Saumon, j'ai toujours vu les lobes inférieurs constituer primitivement à la face inférieure du

[1] Note additionnelle. Ce point est à revoir.

cerveau une saillie médiane, impaire, qui n'est même pas bilobée comme chez les poissons adultes.

La même objection subsisterait à l'égard de cette opinion, d'après laquelle les lobes inférieurs devraient être assimilés aux couches optiques.

Par ce fait, enfin, que les lobes optiques sont les représentants des tubercules quadrijumeaux, il se trouve démontré que les lobes inférieurs ne sont point les représentants de ces mêmes organes.

L'état solide des tubercules mammillaires chez les vertébrés supérieurs([1]), la non-communication de ces tubercules avec l'infundibulum, leur absence chez les oiseaux et chez les reptiles ne permettent guère de leur assimiler les lobes inférieurs. Pour ma part, si j'avais à me prononcer, je m'arrêterais à l'opinion de Carus et je regarderais les lobes inférieurs comme une expansion de la matière grise de l'infundibulum. Cette opinion a pour elle les faits suivants : chez l'Ange (Squalus Squatina), les lobes inférieurs se trouvent réduits à une coque nerveuse très-mince, dont la cavité très-spacieuse et unique communique largement en haut avec le troisième ventricule, et en bas avec la tige pituitaire. Sur des embryons de Saumon, les lobes inférieurs se trouvent représentés au début par un simple appendice médian, au sommet duquel adhère la glande pituitaire.

DE L'ENCÉPHALE CONSIDÉRÉ DANS SES RAPPORTS AVEC LA CLASSIFICATION.

Les résultats si avantageux pour l'appréciation des affinités naturelles auxquels a conduit l'examen du système nerveux dans plusieurs des grandes divisions du règne animal ont amené les naturalistes à penser qu'une étude comparative de l'encéphale des poissons pourrait être de nature à fournir des caractères de grande importance pour la connaissance des familles naturelles. Voyons donc à quel point ces espérances se trouvent fondées.

S'agit-il des poissons osseux ? Rien de plus aisé que de reconnaître un représentant de cette grande division. L'existence de deux lobes cérébraux pleins et entièrement séparés, de deux tubercules pédonculaires reliés par une commissure grêle, d'une éminence lobée, de renflements semi-lunaires et de fibres radiées à l'intérieur du lobe optique ne peuvent laisser aucune prise à l'incertitude.

Les caractères de l'encéphale des Esturgeons, l'un des types principaux de l'ordre des Ganoïdes, sont également bien tranchés ; ils peuvent se résumer ainsi : lobes

(1) (Note additionnelle). Cette preuve à elle seule serait de peu de valeur.

olfactifs creux, lobes cérébraux séparés et solides, tubercules pédonculaires reliés par une commissure grêle, saillie en bouchon du cervelet à l'intérieur du lobe optique, absence de renflements semi-lunaires et de fibres radiées à l'intérieur du lobe optique.

L'encéphale des Sélaciens n'est pas moins caractéristique. Des hémisphères généralement très-volumineux, creusés à l'intérieur et constituant une masse unique ou simplement bilobée, un cervelet formé d'une lame ordinairement plissée et circonscrivant une cavité plus ou moins vaste, l'absence, ou du moins l'état peu apparent des tubercules pédonculaires et de la commissure grêle, le manque d'éminence lobée, de saillie en bouchon du cervelet, de renflements semi-lunaires et de fibres radiées à l'intérieur du lobe optique, permettront de le distinguer aisément.

L'encéphale des Cyclostomes présente aussi un ensemble de caractères qui ne permettent point de le confondre avec celui des types précédents ; ces caractères sont les suivants : hémisphères séparés ou à peine réunis à la base ; renflements pédonculaires très-volumineux, reliés entre eux par une glande pinéale très-développée et creuse ; absence d'éminence lobée, de renflements semi-lunaires et de fibres radiées à l'intérieur du lobe optique ; ouverture du lobe optique sur le milieu de sa face supérieure ; enfin, et c'est là son caractère éminemment distinctif, absence de cervelet.

Dans ces quatre divisions que je viens d'établir, on a pu remarquer que les Esturgeons, placés entre les poissons osseux et les Sélaciens, se rattachent d'une manière intime à ces deux groupes par la composition de leur encéphale ; leur cerveau n'est, pour ainsi dire, qu'un mélange de caractères empruntés à la fois aux premiers et aux seconds. Chez l'Esturgeon comme chez les Squales, les lobes olfactifs sont creux le lobe optique est peu développé, dépourvu à l'intérieur de fibres radiées et de renflements semi-lunaires ; le cervelet est très-volumineux et présente à sa surface des circonvolutions partielles ; la moelle allongée s'élargit considérablement au voisinage du cerveau et possède un large sinus rhomboïdal. La ressemblance du cerveau des Esturgeons avec celui des poissons osseux d'autre part n'est pas moins manifeste. Elle se traduit par l'existence de lobes antérieurs pleins et formant deux masses séparées l'une de l'autre, par la présence de tubercules pédonculaires et d'une commissure grêle bien distincte, par l'existence d'une saillie du cervelet à l'intérieur du lobe optique, saillie qui correspond à l'éminence lobée.

Des faits qui précèdent, il ressort donc, avec évidence, que les caractères tirés de l'encéphale peuvent servir à établir quelques grandes divisions dans la classe des poissons ; il s'agit maintenant de savoir s'il en est de même lorsqu'on cherche à descendre de ces grandes divisions aux divisions secondaires, c'est-à-dire aux familles.

Pour résoudre ce problème, je vais choisir un groupe, celui des poissons osseux, et je rechercherai quel est, dans ce groupe, le degré de constance des caractères appartenant à chacune des parties de l'encéphale.

Prenons d'abord les tubercules olfactifs. Ces renflements sont tantôt au nombre de deux, tantôt au nombre de quatre; mais il est facile de s'assurer que ce caractère n'appartient point exclusivement aux membres d'une même famille. Chez certains représentants de la famille des joues-cuirassées, par exemple, il existe deux paires de tubercules placés immédiatement au devant des hémisphères; chez d'autres, les Chabots et les Épinoches, il n'y a plus qu'une seule paire de ces renflements. D'autre part, certains Scombéroïdes, qui appartiennent à une famille toute différente, présentent aussi quatre tubercules olfactifs.

La situation relative des tubercules olfactifs semblerait, au premier abord, avoir plus d'importance; ainsi, chez les Gades, tels que le Merlan, la Lotte, la Mustèle etc., les tubercules olfactifs se trouvent situés à l'extrémité antérieure des nerfs olfactifs, tandis que, chez la plupart des autres poissons osseux, ces mêmes tubercules reposent immédiatement au devant des hémisphères; mais il suffit d'examiner la famille des Cyprins, pour acquérir la certitude que ce caractère est également de peu de valeur; ainsi, chez la Carpe, le Barbeau, le Gardon, la Brème, l'Ablette, le Goujon etc., les tubercules olfactifs occupent l'extrémité antérieure des nerfs olfactifs; chez le Cyprin doré, au contraire, ces renflements se trouvent placés immédiatement au devant des hémisphères.

Les lobes cérébraux ne paraissent pas à même de fournir de meilleurs caractères; leur volume, aussi bien que leur forme, sont trop sujets à varier dans une même famille. Dans celle des Gades, par exemple, le Merlan a les hémisphères beaucoup plus petits que les lobes optiques; la Lotte les a presque aussi gros. Les hémisphères des Trigles et des Chabots présentent les mêmes différences relatives. Chez le Merlan, les lobes cérébraux sont assez allongés et marqués de circonvolutions; chez la Lotte, ces mêmes lobes sont arrondis et presque lisses.

La forme et le volume des lobes optiques n'offrent également rien de fixe dans chaque famille. Relativement au volume, il suffit, pour se convaincre de son peu de fixité, de comparer entre eux le cerveau du Merlan et celui de la Lotte, le cerveau des Trigles et celui du Chabot. Relativement à la forme, il est aisé également de s'assurer, en examinant les Cyprins, qu'il existe entre les lobes optiques des divers représentants de cette famille, des différences souvent beaucoup plus marquées qu'entre le lobe optique de tel Cyprin et celui d'une Perche, d'un Brochet, d'un Pleuronecte etc. Ainsi, chez l'Ablette, la Brème, le Gardon, les deux moitiés du lobe optique se trouvent rapprochées l'une de l'autre sur la ligne médiane; chez le Cyprin doré,

les deux lobes restent, au contraire, un peu écartés; chez le Barbeau et la Carpe, il existe entre les deux lobes un très-large intervalle comblé par une lame nerveuse extrêmement mince.

Les caractères du cervelet sont également trop variables et trop difficiles à préciser pour qu'il soit possible d'en tirer aucun avantage de quelque importance. Il en est de même à l'égard des lobes inférieurs.

Si l'on se bornait au seul groupe des Cyprins ou des Loches, l'éminence lobée pourrait, au premier abord, paraître capable de fournir de meilleurs caractères que les organes qui précèdent; mais un examen plus attentif ne tarde pas à montrer que cette partie est aussi sujette à présenter de très-grandes variations dans un même groupe naturel. Ainsi, parmi les joues-cuirassées, les Trigles ont une éminence lobée bien développée, tandis que cette partie est, au contraire, très-rudimentaire et de forme différente chez les Chabots. D'autre part, l'éminence des Trigles ressemble beaucoup, pour la forme, à celle des Maquereaux.

Si nous passons à la moelle allongée, nous voyons les lobes du pneumo-gastrique, si volumineux chez la Carpe, le Barbeau, le Cyprin doré, ne plus former aucune saillie appréciable chez le Gardon et chez l'Ablette. Les lobes postérieurs sont aussi très-variables; tandis que chez le Brochet (*Esox lucius*) les deux lobes restent écartés l'un de l'autre, chez l'Orphie (*Esox Belone*), au contraire, ils se soudent sur la ligne médiane en formant un pont au-dessus du quatrième ventricule. Les mêmes différences se retrouvent entre les Saumons et les Éperlans.

Quant à la structure intime du cerveau, l'étude que nous avons faite de ses parties a suffi pour nous démontrer qu'il n'est guère permis de fonder de ce côté aucun espoir de classification. Au lieu de conduire à la constatation de caractères distinctifs de grande valeur, cette étude a plutôt pour résultat de fournir des faits témoignant en faveur de la grande loi de l'unité de composition. Inutile d'ajouter que, dans l'examen du cerveau des poissons osseux, rien ne confirme la division en Acanthoptérygiens et en Malacoptérygiens, admise par Cuvier, division qui, du reste, a été démontrée comme purement artificielle par les recherches récentes d'Agassiz, sur le développement des poissons osseux.

L'étude de l'encéphale des Sélaciens conduit également à reconnaître qu'il est impossible d'établir dans ce groupe aucune division naturelle basée sur les caractères des centres nerveux. Entre l'encéphale des Raies et celui des Squales il n'existe absolument aucune différence caractéristique.

Des faits qui précèdent, il ressort donc avec une entière évidence, que, si l'encéphale affecte un ensemble de caractères propres dans chacune des grandes divisions de la classe des poissons, en descendant aux divisions secondaires, aux familles par

exemple, il ne nous arrive presque jamais de rencontrer des caractères tranchés qui appartiennent à l'une d'elles à l'exclusion de toutes les autres. Les caractères qui peuvent se manifester parmi les représentants d'un même groupe sont trop instables en général pour qu'on puisse en tirer aucun parti avantageux. Si quelque groupe bien naturel, tel que celui des Cyprins, offre certaines dispositions que l'on peut, à bon droit, considérer comme caractéristiques (éminence lobée, lobule médian de la moelle allongée), ce sont là, il faut bien le reconnaître, des faits isolés et qui semblent devoir échapper à toute espèce de généralisation.

S'il doit surgir quelque lumière de l'étude du système nerveux pour la classification des poissons, c'est moins peut-être de la connaissance des centres nerveux que de celle du système nerveux périphérique qu'il faut les attendre.

CONCLUSION.

Pour servir de résumé à ce mémoire, et afin d'en mieux préciser les résultats, je vais rappeler brièvement les faits principaux sur lesquels mes recherches ont pu apporter quelque lumière.

La connaissance des origines des nerfs encéphaliques a été plus particulièrement l'objet de mes efforts; cette question, de si haute importance pour l'anatomie et pour la physiologie, avait été fort incomplétement étudiée; voici quels ont été, à cet égard, les résultats de mes investigations. Le nerf de la cinquième paire naît toujours par deux racines distinctes; la racine antérieure (A) émet un faisceau qui se porte d'avant en arrière dans l'épaisseur du bulbe, pour aller se perdre dans le cordon latéral de la moelle vers la pointe du quatrième ventricule; la racine postérieure (P) se décompose ordinairement en trois faisceaux secondaires : le premier (p^1) naît du bulbe près de son point d'implantation; le second (p^2) provient du cordon latéral de la moelle, et le troisième (p^3) de la pyramide antérieure; ce dernier correspond, soit à la racine motrice du trijumeau, soit au facial des vertébrés supérieurs.

Chez les poissons de la famille des Cyprins, le faisceau (p^2) appartenant à la racine postérieure émane toujours du lobe impair qui surmonte en arrière la moelle allongée; le volume de ce faisceau est proportionnel à celui du lobe d'où il naît, de telle sorte que les dimensions de l'un suffisent pour faire prévoir celles de l'autre.

Chez les poissons du groupe des cartilagineux (Sturioniens, Raies et Squales), le trijumeau présente les mêmes faisceaux d'origine que chez les poissons osseux, de telle sorte que, sous ce rapport, on peut réellement admettre qu'il y a unité de composition. Si le trijumeau reçoit de la moelle une partie de ses fibres, le nerf acous-

tique paraît, au contraire, un nerf essentiellement bulbaire ; ses fibres d'origine ne peuvent être poursuivies au delà de leur point d'implantation ; on les voit se perdre aussitôt dans la substance grise qui recouvre le prolongement du cordon latéral.

Les nerfs glosso-pharyngiens et pneumo-gastriques se confondent en grande partie à leur origine avec le faisceau (p^2) de la racine postérieure du trijumeau qui émane du cordon latéral de la moelle ; chez le Brochet, on voit une des racines de la branche postérieure du pneumo-gastrique aller se jeter dans la pyramide postérieure ; dans ce même type et chez le Congre, on aperçoit un faisceau très-net qui descend de l'intérieur du cervelet vers la branche antérieure du pneumo-gastrique ; ce faisceau mérite l'attention à cause de la relation qu'il établit entre le cervelet et le centre respiratoire.

Le nerf de la troisième paire s'enfonce dans l'épaisseur des pyramides antérieures, où il prend, en grande partie, ses origines ; quelques-unes de ses fibres remontent jusqu'au niveau du plancher du lobe optique. En poursuivant les origines du nerf pathétique chez le Brochet, j'ai reconnu qu'il traverse le pédoncule cérébral pour gagner la face inférieure de l'éminence lobée et se réunir en formant une commissure avec le nerf du côté opposé.

Relativement aux origines du nerf olfactif, j'ai constaté chez le Congre, en outre des fibres qui naissent des tubercules olfactifs, deux faisceaux de fibres blanches provenant, l'un du lobe cérébral correspondant, l'autre du pédoncule cérébral et de la commissure des hémisphères.

En outre de ces faits relatifs à l'origine des nerfs, j'ai encore signalé plusieurs particularités remarquables touchant la distribution de quelques-uns d'entre eux. Ainsi, pour le pathétique, j'ai découvert une branche qui naît du tronc principal, tout près de son origine, et va se ramifier dans la pie-mère qui tapisse la cavité de l'éminence lobée, en s'anastomosant avec des filets semblables venus du nerf opposé.

Chez le Merlan, j'ai constaté l'existence d'une anastomose très-curieuse entre le trijumeau et la branche antérieure du pneumo-gastrique ; de cette branche anastomotique qui *émane du trijumeau* partent de petits filets nerveux, destinés à chacune des branches du nerf acoustique.

Des coupes du cervelet m'ont fait voir, au-dessous de la couche grise corticale de cet organe, une zone très-nette de grandes cellules multipolaires, d'où partent des fibres qui se dirigent en dedans et en dehors. La dissection des lobes optiques m'a montré que la couche de fibres radiées, qui tapisse ces lobes à l'intérieur, se continue d'un côté à l'autre en formant une sorte de pont sur la ligne médiane. Relativement aux hémisphères, j'ai pu suivre, à l'aide de coupes verticales, l'irradiation du pédoncule cérébral jusqu'au voisinage de la couche extérieure de ces renflements.

En ce qui concerne les petits renflements intérieurs du lobe optique (éminence lobée), j'ai montré que ces renflements, d'aspect si variable, possèdent au fond une composition identique dans les différentes familles de poissons osseux; qu'ils sont formés de substance grise au sein de laquelle s'irradient des fibres blanches provenant de la base du cerveau, et que, dans cette substance grise (Cyprins), se trouvent disséminées un certain nombre de grandes cellules multipolaires ([1]).

L'entre-croisement des faisceaux des pyramides chez les poissons était resté jusqu'ici un fait très-douteux, ou même avait été nié; j'en ai démontré l'existence chez le hareng. Cet entre-croisement a lieu au niveau de la *commissura ansulata*, il peut servir à expliquer pourquoi (fait que j'ai établi par des expériences sur l'Épinoche) la rotation autour de l'axe s'effectue en sens inverse lorsqu'on blesse du même côté la moelle allongée et la base du lobe optique.

La moelle allongée, la glande pinéale, le sac vasculaire, la glande pituitaire ont été, de ma part, l'objet d'une étude attentive. Le dernier de ces organes m'a offert une composition analogue à celle des glandes vasculaires sanguines; chez le Congre, je l'ai trouvé formé, comme chez l'homme, de deux moitiés possédant une structure différente. Enfin, j'ai signalé plusieurs faisceaux nerveux qui, je crois, avaient échappé jusqu'alors à l'attention des anatomistes: l'un va de la tige pituitaire au pédoncule cérébral (Brochet); un autre embrasse la base du cerveau comme une sangle et se recourbe en haut vers la commissure antérieure du lobe optique (Brochet); un troisième descend de l'intérieur du cervelet vers l'extrémité antérieure de la base du lobe optique (Perche, Trigle).

Relativement à la détermination des lobes de l'encéphale, j'ai confirmé l'opinion qui considère les lobes optiques comme des tubercules quadrijumeaux, et les lobes antérieurs comme des hémisphères; j'ai montré que les petits renflements intérieurs du lobe optique (éminence lobée) ne sont autre chose qu'un repli intérieur formé par un prolongement de la lame du cervelet, repli auquel paraissent s'ajouter, chez certaines espèces (Cyprins, Scombres), d'autres éléments nerveux issus de la base du lobe optique.

Quant aux lobes inférieurs, j'ai montré, par l'étude de leur développement, que ce ne sont évidemment ni des corps striés, ni des couches optiques, et qu'on ne saurait non plus les considérer comme des tubercules mammillaires; je les regarde avec Carus comme des renflements de la matière grise de l'infundibulum.

([1]) Note additionnelle. J'ai constaté depuis sur le Brochet que l'éminence lobée présente une structure analogue à celle du cervelet. Au dessous d'une couche corticale de substance grise, on rencontre une zone très-étroite de grandes cellules multipolaires qui fait suite à la zone de même nature située audessous de la couche corticale du cervelet.

Les dernières pages de notre mémoire, enfin, ont eu pour objet de démontrer par un ensemble de faits positifs, que si les caractères tirés de l'encéphale peuvent servir à établir quelques grandes divisions dans la classe des poissons, ces mêmes caractères deviennent tout à fait insuffisants quand il s'agit de partager ces grandes divisions en familles naturelles.

Post-Scriptum. Ce Mémoire, présenté à l'Institut (Académie des sciences), en 1865, pour le concours du grand prix des sciences physiques, était accompagné de figures nombreuses, représentant environ 10 planches in-4°. Ces planches n'ayant pu encore être toutes exécutées, je me réserve de les publier un jour dans un autre ouvrage comprenant une étude générale sur le système nerveux des poissons.

Strasbourg, avril 1869.

EXPLICATION DES FIGURES.

Système nerveux du Merlan.

Fig. 1. — Encéphale, vu par la face supérieure. — *N.* Lobe olfactif. — 1. Nerf olfactif. — *H.* Lobes antérieurs ou hémisphères. — *P.* Glande pinéale. — *O.* Lobe optique. — *C.* Cervelet. — 5. Nerf trijumeau. — 10. Nerf pneumo-gastrique.

Fig. 2. — Encéphale, vu par la face inférieure. — 1. Nerf olfactif. — 2. Nerf optique. — *H.* Hémisphères. — *O.* Lobe optique. — *h.* Hypophyse ou glande pituitaire. — *s.* Sac vasculaire. — 5. Trijumeau. — 6. Moteur oculaire externe. — 8. 8. 8. Faisceaux du nerf acoustique. Du côté gauche, le faisceau antérieur se rend à l'ampoule du canal demi-circulaire antérieur, le faisceau postérieur au saccule. Du côté droit se voient trois faisceaux volumineux qui se répandent en ramifications nombreuses sur la face inférieure du vestibule. —9. Nerf glosso-pharyngien naissant par deux racines, l'une provenant du pneumo-gastrique, l'autre de la moelle allongée. — 10. Nerf pneumo-gastrique. — *R.* Rameau récurrent allant du trijumeau à la racine antérieure du pneumo-gastrique et envoyant une courte branche anastomotique au nerf acoustique.

Fig. 3. — 2. Nerf optique. — *o.* Lobe optique. — *h.* Glande pituitaire dont l'extrémité supérieure se prolonge en forme de cône dans l'intérieur de l'infundibulum que l'on voit ici ouvert du côté postérieur. — *s.* Sac vasculaire. — I. Lobe inférieur. — 3. Nerf moteur oculaire commun. — 5. Trijumeau. — 6. Moteur oculaire externe. — 8. 8. Nerf acoustique. — 9. Nerf glosso-pharyngien. — 10. Nerf pneumo-gastrique. — *f.* Fibres arciformes.

Fig. 4. — *o.* Lobe optique, dont la moitié supérieure a été enlevée pour laisser voir la cavité intérieure. — *D.* Renflements semi-lunaires, émettant de leur bord externe les fibres radiées de la face interne du lobe optique. — *E.* Éminence lobée. — *C.* Cervelet coupé en travers. — *L.* Lobes postérieurs. — *V.* Orifice du quatrième ventricule.

Fig. 5. — *C.* Commissure des hémisphères. — *P.* Glande pituitaire dont le pédicule se met en rapport avec la commissure interpédonculaire. — *I.* Troisième ventricule, au fond duquel on aperçoit une fente qui représente l'entrée de l'infundibulum. — *E.* Éminence lobée, dont la paroi supérieure a été enlevée, pour laisser voir la cavité intérieure. — 4. Nerf pathétique. — 4'. Branche postérieure du nerf pathétique se répandant sur la pie-mère qui pénètre dans la cavité de l'éminence lobée.

Fig. 6. — Encéphale, vu de côté. — *H.* Hémisphère. — *O.* Lobe optique. — *C.* Cervelet. — 5. Branches multiples du trijumeau. — 8. Nerf acoustique. — 9. Nerf glosso-pharyngien avec ses deux racines. — 10. Nerf pneumo-gastrique. — *R.* Rameau récurrent allant du trijumeau à la branche antérieure du pneumo-gastrique. — R'. R'. Trois filets anastomotiques descendant du nerf récurrent vers les faisceaux du nerf acoustique.

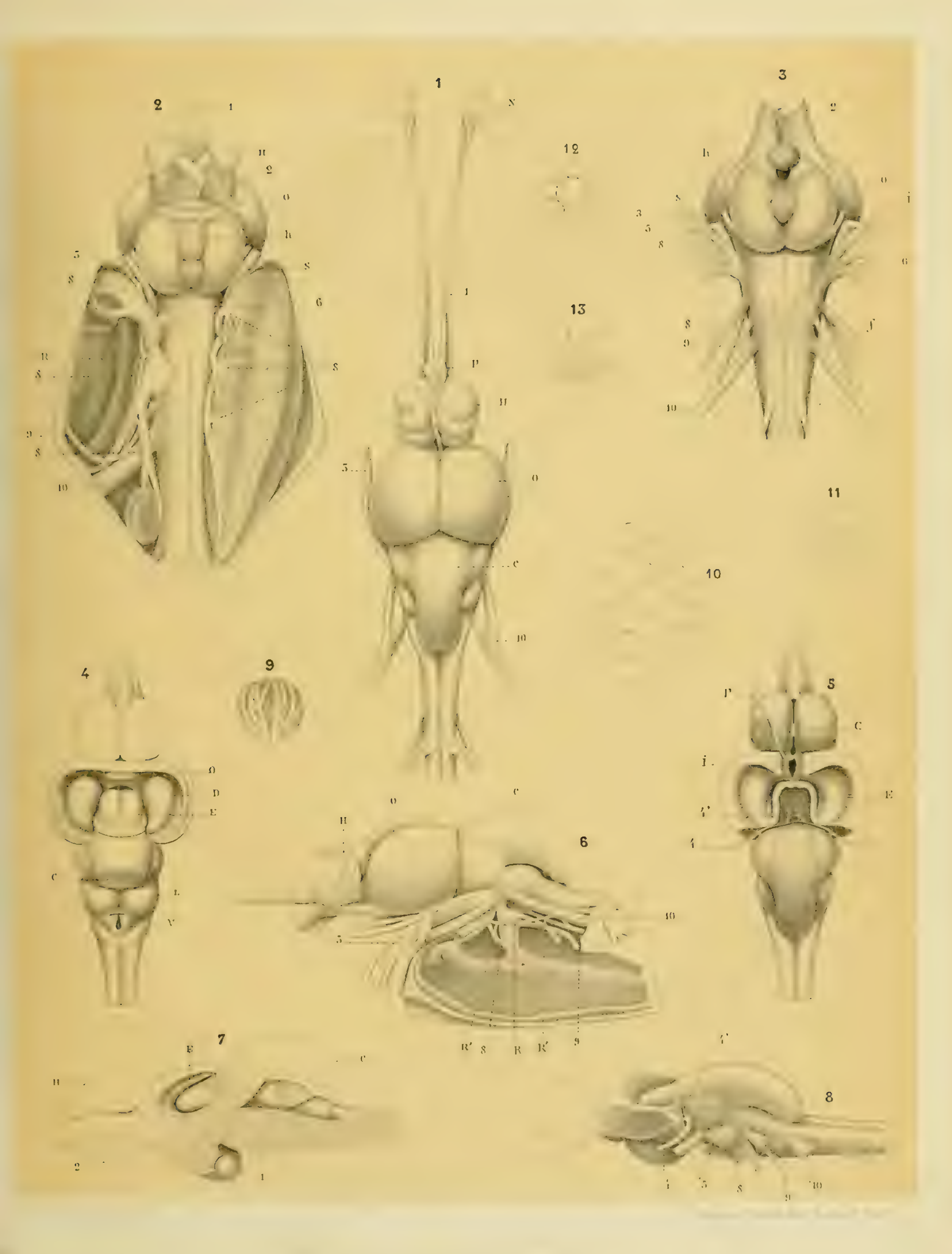
Fig. 7. — Coupe verticale de l'encéphale. — *H.* Hémisphère droit. — 2. Nerfs optiques. — *E.* Éminence lobée. — *C.* Cervelet. — *I.* Lobe inférieur du côté droit.

Fig. 8. — 4. Nerf pathétique. — 4'. Branche postérieure du nerf pathétique, se portant dans l'intérieur de l'éminence lobée. — 5. Les deux racines du trijumeau. — 8. Nerf acoustique. — 9. Ner glosso-pharyngien. — 10. Racine antérieure et postérieure du nerf pneumo-gastrique.

Fig. 9. — Sac vasculaire ouvert et étalé, pour montrer les plis de sa paroi intérieure.

Fig. 10 et 11. — Éléments microscopiques du sac vasculaire. — Fig. 10. Gouttelettes de substance albuminoïde. — Fig. 11. Cellules pourvues d'un noyau, noyaux libres et granulations.

Fig. 12 et 13. — Éléments de la glande pinéale. — Fig. 12. Gouttelettes de substance albumineuse. — Fig. 13. Cellules pourvues d'un noyau, noyaux libres et granulation. — On peut constater la similitude de ces éléments avec ceux du sac vasculaire.



SYSTÈME NERVEUX DU MERLAN.

EXPLICATION DE LA PLANCHE A

Les figures 1 à 7 contenues dans cette planche sont relatives à un mémoire publié dans les *Bulletins de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg en 1868*, et ayant pour titre : *Considérations sur les premières vertèbres des Cyprins*, *des Loches et des Silures*. Les figures 8 à 11 sont relatives à une note ayant pour titre : *D'un phénomène comparable à la mue chez les poissons*, publiée dans les *Comptes rendus de l'Institut*. La figure 12 est relative à un fait d'observation inédit.

Fig. 1. — Portion antérieure de la colonne vertébrale de la carpe vue de côté, et montrant les osselets de Weber.

a^1, a^2, a^3, a^4, a^5. Arcs inférieurs des 1re, 2e, 3e, 4e et 5e vertèbres. Les deux lettres a^4, a^4 indiquent les deux branches de bifurcation de l'arc inférieur de la 4e vertèbre. a^3 est le marteau (*malleus* de Weber).

A^1, A^2, A^3, A^4, A^5. Arcs supérieurs des 1er, 2e, 3e, 4e et 5e vertèbres. A^1 est l'étrier (*stapes* de Weber).

A^2 est l'enclume (*incus* de Weber).

I^1, I^2, I^3. Osselets intercruraux des 1re, 2e et 3e vertèbres. L'intercrural I^1 de la première vertèbre est divisé en deux et constitue de chaque côté le *claustrum* de Weber.

C. Côte. — *N*. Vessie natatoire.

Fig. 2. — Portion antérieure de la colonne vertébrale de la carpe vue en dessous.

V^1. Corps de la 1re vertèbre. — V^2 et V^3. Corps de la 2e et de la 3e vertèbres confondus entre eux. — V^4. Corps de la 4e vertèbre.

a^1, a^2, a^3, a^4. Arcs inférieurs des 1re, 2e, 3e et 4e vertèbres. a^3 est le *malleus* de Weber (marteau).

c. Côte. — *x*. Lame résultant de l'union des branches internes de bifurcation de l'arc inférieur (a^4) de la 4e vertèbre.

Fig. 3. — Portion antérieure de la colonne vertébrale de la carpe vue de face, c'est-à-dire d'avant en arrière. Les lettres indiquent les mêmes parties que celles des figures 1 et 2.

Fig. 4. — Portion antérieure de la colonne vertébrale du nase vue en dessous.

V^1, V^2, V^3, V^4, V^5. Corps des 1re, 2e, 3e, 4e et 5e vertèbres. V^2 et V^3, qui se trouvaient confondus chez la carpe, constituent ici deux pièces entièrement distinctes.

a^1, a^2, a^3, a^4. Arcs inférieurs des 1re, 2e, 3e et 4e vertèbres. — a^3 est le *malleus* de Weber. — a^4, a^4 représentent les deux branches de bifurcation de l'arc inférieur de la 4e vertèbre.

x. Lame résultant de l'union des deux branches internes de bifurcation de l'arc inférieur de la 4e vertèbre.

Fig. 5. — Portion antérieure de la colonne vertébrale du nase vue de côté.

Dans cette figure, le corps de la seconde vertèbre V^2 se montre parfaitement distinct. — y représente un prolongement lamelleux de l'arc supérieur A^3 de la 3e vertèbre. Cette lame se porte à la rencontre d'un prolongement (z) de l'arc inférieur (a^4) de la 4e vertèbre et s'unit avec lui au moyen de tissu fibreux. Ces deux lamelles osseuses et le tissu fibreux qui les unit tendent ainsi à former une voûte au-dessus de la base du *malleus* (a^3). Les lamelles y et z, en se prolongeant et en se confondant, soit entre elles, soit avec d'autres lamelles osseuses provenant des deux premières vertèbres, constituent le canal osseux qui renferme les osselets de Weber chez les cobitides et beaucoup de siluroïdes.

Les autres lettres comme dans les figures précédentes.

Fig. 6. — Coupe verticale de la portion antérieure de la colonne vertébrale chez le nase.

Cette coupe a pour but de montrer la disposition de la cavité articulaire située entre les corps V^2 et V^3 de la 2e et de la 3e vertèbre. Cette cavité se trouve, comme on le voit, très-rétrécie, ce qui est un indice de la tendance à la fusion des corps vertébraux V^2 et V^3.

Les autres lettres comme dans les figures précédentes.

Fig. 7. — Portion antérieure de la colonne vertébrale du Silurus glanis vue de côté.

V. Grande vertèbre composée résultant de la fusion des 2e, 3e, 4e 5e, (6e?) corps vertébraux.

Z. Suture par engrenage partageant en deux moitiés, l'une antérieure, l'autre postérieure, la vertèbre composée.

h. Apophyse accessoire.

a^3, a^4, a^5, a^6. Arcs inférieurs des 3e, 4e, 5e et 6e vertèbres. a^3 représente le *malleus*.

$A^{2,3,4}$. Arcs supérieurs confondus des 2e, 3e et 4e vertèbres. — A^5, A^6. Arcs supérieurs des 5e et 6e vertèbres.

Fig. 8. — Tête de nase vue en dessus, servant à montrer l'éruption de tubercules cornés qui se manifeste au printemps à la surface de la peau. Les tubercules situés sur les écailles en arrière du crâne sont, comme on le voit, disposés sur une ligne parallèlement au bord postérieur de l'écaille.

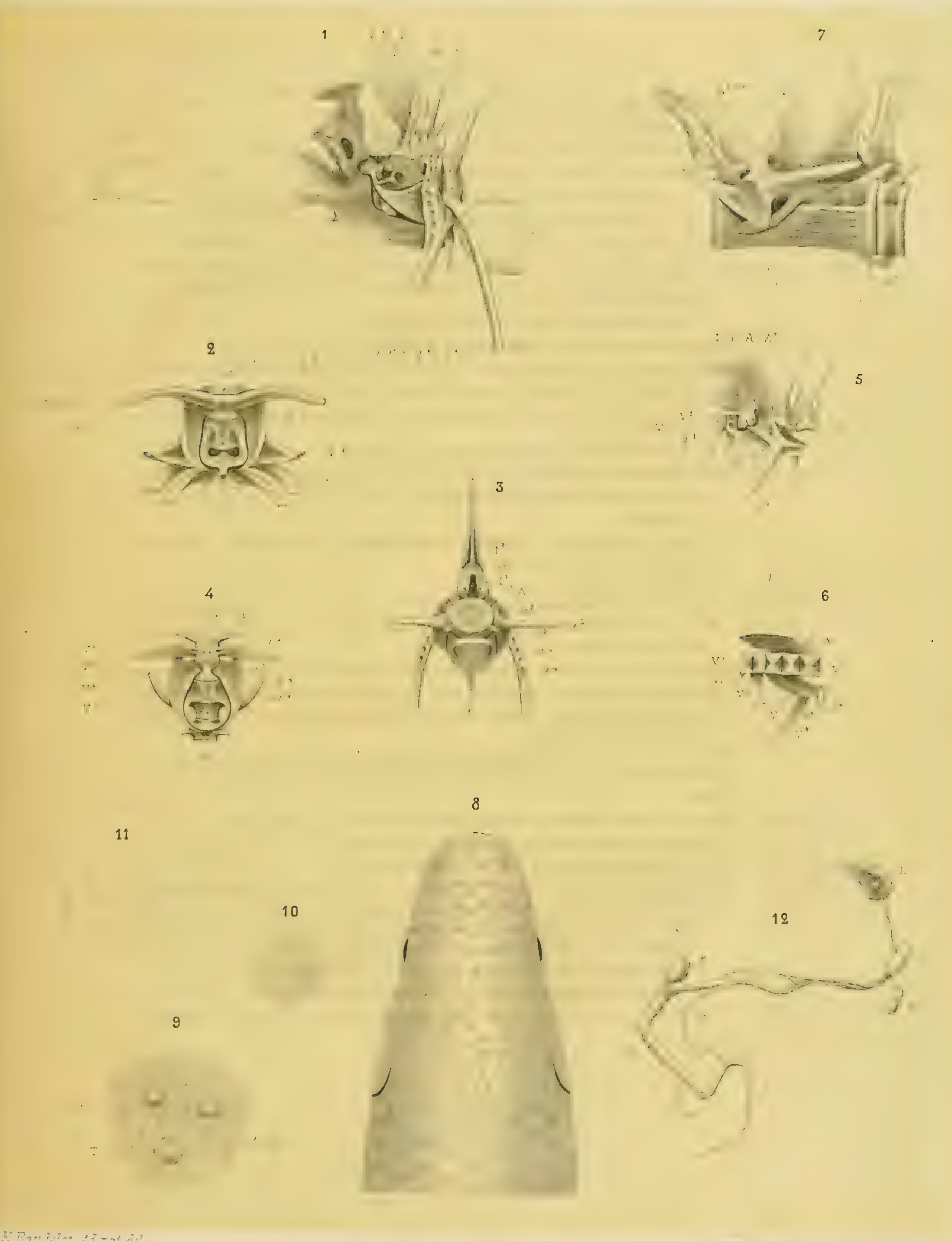
Fig. 9. — Lambeau de la peau du crâne montrant quelques tubercules amplifiés. Entre les plus gros tubercules (T), on distingue un certain nombre de tubercules (t) beaucoup plus petits.

Fig. 10. — Coupe de l'un des tubercules précédents vue au miscroscope. Ce tubercule est formé de lamelles épithéliales disposées en couches concentriques.

Fig. 11. — Cellules épithéliales composant le tissu des tubercules cornés.

Fig. 12. — Appareil génital d'un jeune hélix aspersa, ayant à peu près le volume d'un grain de raisin.

H. Glande hermaphrodite. — A. Glande de l'albumine. — O. Oviducte non encore plissé. — p. Poche copulatrice. — a. Branche appendiculaire du canal de la poche copulatrice. — d. Canal déférent. — f. Flagellum. — m. Muscle rétracteur. — V. Fourreau de la verge. — S. Sac du dard. — g. Éminence correspondant à l'origine des vésicules multifides non encore développées. Ces vésicules se développent donc très-tardivement comparativement aux autres parties de l'appareil générateur.


1
7
2
5
3
4
6
8
11
10
12
9

RECHERCHES

SUR LE SYSTÈME LATÉRAL

DU NERF PNEUMO-GASTRIQUE

DES POISSONS

PAR

M. FÉLIX FÉE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

MÉDECIN MAJOR

RÉPÉTITEUR DE PHYSIOLOGIE A L'ÉCOLE IMPÉRIALE DU SERVICE DE SANTÉ MILITAIRE.

INTRODUCTION.

L'existence du système latéral du nerf pneumo-gastrique chez les poissons démontre, mieux que tout autre fait peut-être, le haut intérêt de la névrologie comparée et l'insuffisance des notions physiologiques empruntées à l'étude exclusive du corps humain.

Chez l'homme, le nerf de la dixième paire appartient presque en totalité à la vie organique et ne se rattache aux fonctions de relation que par ses rameaux laryngés. Il n'en est pas ainsi dans les vertébrés inférieurs, où le pneumo-gastrique possède au même degré ces deux attributions; il se partage en effet, non loin de son origine, en deux troncs secondaires à peu près égaux: l'un, viscéral, qui se résout presque aussitôt en branches destinées aux organes de la respiration, de la circulation et de la digestion; l'autre, cutané, qui se prolonge jusqu'à l'extrémité caudale, après avoir émis dans son trajet des rameaux superficiels nombreux. Cette branche cutanée forme, avec l'ensemble de ses rameaux, le *système latéral du pneumo-gastrique*, sujet du présent travail. Elle est remarquable tout à la fois et par son origine, tirée d'une paire crânienne, qui ne fournit chez les vertébrés supérieurs que des rameaux profonds, et par son mode de terminaison, dont la disposition curieuse a depuis longtemps attiré l'attention des anatomistes; en effet, ses fibres viennent aboutir pour la plupart à des corpuscules particuliers, situés dans le canal qui règne le long des flancs des poissons et regardés généralement, depuis les recherches de LEYDIG, comme des appareils de sensation spéciale [1].

[1] Appareil du sixième sens, voy. *Ueber Organe eines sechsten Sinnes*, von Dr FR. LEYDIG, dans *Verhandl. der kaiserl. Leopold. Acad. der Naturforsch*, vol. 34, Dresde 1868.

Le nerf latéral ne se rencontre pas seulement chez les poissons: il existe également chez les batraciens; quelques-uns de ces derniers (urodèles) le possèdent pendant toute leur vie; chez les autres (anoures) il disparaît à l'époque de la métamorphose qui leur imprime leur forme définitive. On ne le retrouve pas dans des types plus élevés de la série des vertébrés, et c'est tout au plus s'il est possible de reconnaître un vestige de la première de ses branches dorsales dans le rameau anastomotique qui réunit chez eux le facial au pneumo-gastrique et que l'on a décrit sous le nom de *rameau de la fosse jugulaire* (rameau d'Arnold).

L'étude du système latéral soulève, comme on le voit, des questions importantes à plus d'un titre. Elle m'a d'ailleurs offert un vif intérêt, en me mettant à même de constater, à plusieurs reprises et malgré les limites étroites du sujet, l'exactitude des idées d'analogie et d'unité de composition. En effet, dans le cours de mes recherches sur cette partie du système nerveux, j'ai eu l'occasion de rectifier un certain nombre d'erreurs contenues dans les descriptions classiques, et ces rectifications ont consisté le plus souvent à substituer, à des faits qui établissaient de fréquentes discordances dans la disposition du système latéral, d'autres faits, qui démontrent au contraire que ces dispositions se rattachent à un seul et même type. Je ne saurais donc jusqu'à présent m'associer au jugement exprimé dans les termes suivants par VALENCIENNES au sujet de la doctrine de l'unité de composition : « Toutes ces prétendues lois physiologiques et philosophiques sont de pures conceptions de l'esprit, dont l'observateur plus patient démontre presque toujours la fausseté[1]. »

On comprend, à la vérité, que le nombre des types étudiés a été longtemps trop restreint, pour qu'il ait été possible de saisir les liens qui les unissent; mais leur enchaînement apparaît au fur et à mesure que les recherches se multiplient. Il se manifestera dans toute son évidence, en effet, quand les anatomistes, s'attachant avec persévérance à l'étude des organes, se seront décidés à les examiner, non plus sur quelques types pris au hasard, mais successivement dans toutes les espèces d'un même genre.

L'étude trop négligée jusqu'ici des particularités individuelles apporterait certainement un contingent précieux aux recherches de cette nature; elle préparerait les anatomistes à l'interprétation des dispositions organiques des espèces les plus voisines de celle dont les individus auraient été soumis à ce genre d'investigation. L'ouvrage de DARWIN sur les variations des animaux domestiques me paraît offrir à cet égard un véritable modèle; sa méthode est laborieuse sans doute, mais elle est féconde, et il reste encore bien des résultats importants à recueillir en suivant cette voie, où DARWIN a pu faire, dès les premiers pas, une moisson scientifique abondante.

[1] *Histoire naturelle des poissons*, 1839, t. XIV, p. 321.

J'aurais voulu pouvoir adopter ce plan pour mon étude du système latéral; M. le professeur BAUDELOT m'en avait donné l'exemple dans les recherches qu'il poursuit sur le cerveau et les nerfs crâniens des poissons. Malheureusement les circonstances m'ont peu favorisé; j'ai pu, à la vérité, examiner un grand nombre de poissons d'eau douce, mais la rareté des poissons de mer à Strasbourg pendant l'hiver exceptionnel de cette année, a limité mes ressources à tel point que je me suis vu dans l'impossibilité de disséquer plusieurs types importants.

Cependant, comme je suis appelé pour quelques années à un genre de vie peu compatible avec des occupations scientifiques suivies, je publie le présent travail dans la pensée qu'il ne sera pas inutile aux personnes qui voudraient reprendre après moi la question. La description du système latéral est très-confuse dans la plupart des auteurs, même dans STANNIUS; je me suis efforcé de la rendre plus intelligible, non-seulement en y introduisant plus d'ordre, mais aussi en donnant le dessin des dispositions les plus importantes; la plupart d'entre elles n'ont pas été représentées encore ou ne l'ont été qu'à l'aide de figures d'une extrême imperfection. Enfin, je crois avoir réuni un certain nombre de faits nouveaux dont quelques-uns présentent un intérêt véritable.

Je me propose de reprendre mes recherches dès que j'en trouverai l'occasion; je suis trop convaincu des avantages de la méthode philosophique et des procédés d'investigation matérielle dont la Faculté des sciences de Strasbourg m'a enseigné l'usage, pour ne pas en attendre de nouveaux résultats.

Les variétés de dispositions du système latéral des poissons sont très-nombreuses en apparence; en réalité cependant chez les poissons osseux, elles se réduisent à trois seulement, autour desquelles toutes les autres se groupent sans trop de difficulté. Je consacrerai la première partie de ce travail à leur description dans trois types qui en fournissent des exemples bien caractérisés (*gardon*, *brochet*, *perche*).

Dans la seconde partie, je considérerai séparément chacun des éléments du système, en indiquant, autant que possible, dans l'ordre historique de leur découverte, les modifications qu'ils présentent dans la plupart des familles de poissons, osseux, ganoïdes et cartilagineux.

La dernière partie comprendra des considérations anatomiques relatives au plan général du système latéral dans toute la série des vertébrés inférieurs, ainsi qu'une appréciation des opinions émises relativement à son rôle physiologique.

PREMIÈRE PARTIE.

Je crois devoir faire précéder la description des trois types principaux du système latéral d'une esquisse rapide du nerf pneumo-gastrique des poissons, ainsi que de l'indication des principaux organes avec lesquels ce système est en rapport.

DU NERF PNEUMO-GASTRIQUE CHEZ LES POISSONS.

Le nerf pneumo-gastrique ou nerf vague forme la dernière paire crânienne des poissons ; la première paire spinale le suit immédiatement. Aussi présente-t-il encore, dans son ensemble, les caractères des nerfs spinaux. Comme eux, il est formé par la réunion de deux racines ; comme eux, il fournit trois branches, qui, par leurs connexions et leurs rapports anatomiques, rappellent les branches spinales (dorsale, intermédiaire et ventrale).

Les deux *racines* émergent des parties latérales de la moelle allongée, derrière celles du trijumeau, de l'acoustique et du glosso-pharyngien ; elles se distinguent en racine antérieure et racine postérieure[1]. On peut les poursuivre, l'une et l'autre, dans l'intérieur de la moelle jusqu'à un faisceau de substance blanche qui s'étend parallèlement au bord externe du quatrième ventricule, duquel le glosso-pharyngien et l'un des faisceaux de la racine postérieure du trijumeau tirent également leur origine réelle (Baudelot).

La *racine antérieure* (racine du tronc latéral), sur laquelle je me propose de revenir, est toujours formée d'un seul faisceau.

La *racine postérieure* (racine du pneumo-gastrique proprement dit) est d'ordinaire la plus volumineuse des deux. Chez les cyprins, elle semble naître d'un renflement quelquefois très-considérable de substance grise (lobe du pneumo-gastrique).

Au moment où les racines sont sur le point de s'unir ou même après qu'elles viennent de le faire, elles émettent le plus souvent une branche dont le trajet est intracrânien. C'est la *branche dorsale* du nerf vague (*branche crânienne*, Stannius). Elle se rattache à un système formé, d'un côté par une branche semblable du trijumeau, de l'autre, par les branches dorsales des nerfs spinaux ; tous les éléments de ce système s'anastomosent entre eux et sont, anatomiquement, de même ordre.

[1] On ne doit pas perdre de vue que les expressions de *racine antérieure* et de *racine postérieure* n'ont pas ici la même signification que dans les Traités d'anatomie humaine. La racine antérieure du nerf vague des poissons est en réalité plus rapprochée que la racine postérieure de la ligne d'émergence des racines sensitives des nerfs rachidiens.

Aussitôt après l'émission de la branche dorsale et au moment où elles vont sortir du crâne par un trou particulier de l'occipital latéral, les deux racines s'accolent en se croisant; en ce point, la racine postérieure présente un renflement ganglionnaire, plus ou moins considérable, à la partie supérieure et externe duquel vient aboutir la racine antérieure (celle du tronc latéral); toutefois elles restent distinctes et, à part une certaine quantité de tissu connectif, il n'existe entre elles d'autre moyen d'union qu'un petit nombre de fibres nerveuses qui partent du ganglion pour passer dans l'origine du tronc latéral. Il est donc facile de constater que, des deux branches importantes dont il me reste à parler, l'une (le tronc latéral) fait suite à la racine antérieure, tandis que l'autre (le pneumo-gastrique proprement dit) continue la racine postérieure.

La *branche ventrale* ou *pneumo-gastrique proprement dit* (*nerf branchio-intestinal*, STANNIUS) consiste en un tronc qui se résout, presque aussitôt après s'être séparé du renflement ganglionnaire, en un grand nombre de branches secondaires dont je n'ai pas à donner ici la description détaillée[1]; elles sont destinées aux organes suivants:

1° Appareil respiratoire (arcs branchiaux, leur muqueuse, leurs muscles). Vessie natatoire.

2° Cœur (oreillette particulièrement).

3° Appareil digestif (os pharyngiens, pharynx et ses muscles, œsophage, estomac).

4° Appareil électrique, chez la torpille.

A la réserve de ce dernier point, on voit qu'il existe une analogie complète de distribution entre ce nerf et le pneumo-gastrique des vertébrés supérieurs.

La dernière branche du nerf vague porte le nom de *tronc latéral*. — C'est elle qui a été l'objet de mes recherches. De même que les nerfs spinaux intermédiaires auxquels elle correspond, elle est plongée dans la masse musculaire qui forme la partie latérale du corps des poissons, et fournit des branches dorsales et des branches ventrales, qui finissent toutes par devenir superficielles. L'ensemble de ce tronc et de ses branches a reçu le nom de *système latéral;* la majeure partie de ses éléments nerveux est destinée au canal latéral, appareil cutané de sensation spéciale, dont j'ai dit un mot déjà. Je ne puis, dès à présent, donner sur ce système des détails généraux en même temps que circonstanciés, car il semble impossible, dans l'état actuel de la science, d'en réduire les variantes à moins de trois dispositions prin-

[1] Voir, pour plus de détails, les ouvrages classiques et particulièrement STANNIUS, *Das peripherische Nervensystem der Fische*, Rostock 1849, p. 87 et suiv. Il a paru plus récemment un ouvrage intitulé: *Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Nervus Vagus bei Fischen*, par C. HOFFMANN, doct. méd., Giessen 1860.

cipales, qui se rattachent aux différentes positions que le canal latéral peut occuper relativement au plan de séparation des deux masses musculaires des flancs. Mais, avant de présenter des exemples de ces trois dispositions, il me paraît indispensable de donner une idée précise : 1° de l'interstice musculaire que parcourt le tronc latéral et des lignes intermusculaires extérieures que ses branches suivent sous la peau ; 2° du trajet du canal latéral et de sa situation à l'égard de l'interstice.

1° *Muscles latéraux et grand interstice musculaire; cloisons intermusculaires; petit interstice supérieur.* — On sait que la majeure partie du système musculaire des poissons est constituée par deux grands muscles symétriquement situés des deux côtés de la colonne vertébrale : ce sont les muscles latéraux ; chacun d'eux se divise en deux masses, l'une dorsale, l'autre ventrale, formées chacune de muscles secondaires en nombre égal à celui des vertèbres, et entre lesquelles le *grand interstice musculaire* s'étend depuis la ceinture scapulaire jusqu'à la queue. Sa largeur la plus grande correspond au voisinage de la partie moyenne de la cavité abdominale ; à partir de ce point, il se rétrécit en arrière à tel point que, non loin de la nageoire caudale, ses dimensions deviennent insignifiantes. Des deux bords qu'il présente, l'un, *profond*, est en rapport avec les corps des vertèbres et leurs apophyses transverses, les trous de conjugaison et les articulations costo-vertébrales ; l'autre, *libre ou superficiel*, avec le sinus lymphatique latéral et dans certains cas avec le canal latéral.

Cet interstice est traversé, obliquement de dedans en dehors et d'avant en arrière, par les branches spinales intermédiaires, qui suivent à peu près les cloisons tendineuses de séparation des muscles secondaires, le long desquelles on trouve aussi, supérieurement, les arêtes de la masse musculaire dorsale.

Quand, après avoir enlevé les téguments d'un poisson, on examine la face externe des muscles des flancs, sillonnée par les nombreuses lignes en zigzag qui séparent les cloisons intermusculaires, on voit qu'elle est partagée en deux moitiés à peu près égales par une ligne que suit le sinus lymphatique et à laquelle correspond le bord libre du grand interstice. On trouve, de plus sur cette face externe, au voisinage de la ligne supérieure et de la ligne inférieure du corps et parallèlement à elles, les interstices qui séparent les muscles grêles de CUVIER de ceux des masses latérales ; je les nommerai *petits interstices supérieur et inférieur.*

2° *Situation du canal latéral relativement au grand interstice.* — Cet appareil, dont il sera question plus loin (p. 176), occupe une série d'écailles spéciales qui règnent de la tête à la queue. Le tube qui le constitue naît en avant de la confluence de trois tubes céphaliques ; toujours un peu supérieur au bord libre de l'interstice à son extrémité antérieure, il peut ensuite :

1° Lui devenir inférieur et décrire au-dessous de lui, dans la région abdominale, une courbe à concavité supérieure, qui ne revient au niveau de l'interstice que très-loin en arrière;

2° Se placer à sa hauteur et coïncider avec lui jusqu'au bout de son trajet;

3° S'élever plus haut encore au-dessus de lui pour décrire une courbe à concavité inférieure et ne regagner l'interstice qu'à une petite distance de la nageoire caudale.

Les trois dispositions principales du système latéral, chez les poissons osseux, se rattachent à ces trois situations du canal. Pour en donner une connaissance exacte, je vais décrire ce système:

1° Chez le gardon (*Leuciscus rutilus*): ce cyprinide sera pour nous le type de la disposition nerveuse qui correspond à la situation du canal au-dessous de l'interstice.

2° Chez le brochet (*Esox lucius*): il fournira un exemple de la manière d'être du système latéral chez les poissons où la coïncidence du canal et de l'interstice est complète.

3° Chez la perche (*Perca fluviatilis*): son canal latéral est situé au-dessus de l'interstice; le système latéral qui se rattache à cette disposition présente, en raison de sa fréquence, un intérêt tout particulier.

Les détails anatomiques qui précèdent rendront, je l'espère, ces trois descriptions facilement intelligibles.

SYSTÈME LATÉRAL DU GARDON.

(*Leuciscus rutilus.*)

(Le canal latéral est situé au-dessous de l'interstice.)

Pl. I, fig. 1-5.

Racine du tronc latéral (fig. 4, *R*[1]). — Cette racine naît sur les côtés de la moelle allongée, en arrière du glosso-pharyngien et de l'acoustique, au-dessus desquels elle semble se continuer jusqu'à la grosse racine du trijumeau, par l'intermédiaire d'un renflement allongé de substance grise; en avant du lobe assez développé dont émane la racine postérieure (lobe du pneumo-gastrique). Elle est aplatie transversalement et diffère en cela de la deuxième racine, qui est courte, arrondie, et dont l'origine est plus rapprochée du sillon médian postérieur.

La racine du tronc latéral reçoit du nerf trijumeau (*T*) un *rameau récurrent* (*RT*); ce dernier, assez considérable, a la forme d'une bandelette; il s'étend d'avant en

arrière, caché par le nerf acoustique, dont l'expansion le recouvre et sous lequel il se partage en deux branches de volume inégal; l'une, assez faible, continue la direction primitive du rameau, passe sous le glosso-pharyngien, puis sous la racine postérieure pour aller se rendre au premier nerf spinal, où elle se termine; l'autre, dont la forme et les dimensions sont à peu près celles du rameau primitif, change bientôt de direction pour se porter en haut et en arrière et se jeter dans la racine du tronc latéral, à peu de distance du point où celle-ci se réunit à la racine postérieure; pendant son trajet, cette branche émet un filet grêle (*rt*) qui traverse le nerf acoustique, au point où les fibres laissent un intervalle entre la portion du vestibule et celle du saccule; ce filet, une fois placé à l'extérieur de cette dernière portion, passe sur le glosso-pharyngien et vient se terminer au bord inférieur de la racine du tronc latéral près de l'endroit où la branche qui l'a fourni est venue s'y jeter elle-même. — Le nerf du saccule et le nerf glosso-pharyngien se trouvent donc compris entre cette branche et le filet que je viens de décrire.

La racine du tronc latéral se termine en s'accolant au renflement ganglionnaire assez peu prononcé que présente la racine postérieure[1], mais elle ne contracte avec lui que de faibles adhérences; une simple traction suffit à les détruire. C'est en ce point que les deux racines, après émission du rameau dorsal intra-crânien, sortent du crâne en traversant le trou de l'occipital latéral.

Le *tronc latéral* (fig. 1, 3, 4, *LV*), qui fait suite à la racine antérieure, décrit un trajet assez court sous la muqueuse de la cavité respiratoire, dans laquelle il est d'abord situé profondément au-dessous de l'extrémité antérieure de la masse musculaire dorsale. Mais bientôt, parvenu à la limite postérieure de cette cavité, il s'infléchit brusquement presqu'à angle droit, se porte en dehors, passe sous la ceinture scapulaire, à peu de distance de la surface, et vient se placer dans le grand interstice, dont il suit le bord externe en dedans du sinus lymphatique, en décrivant de légères sinuosités. A peu de distance de la nageoire caudale, le tronc devient tout à fait superficiel par suite de la diminution d'épaisseur qu'éprouvent les muscles dans cette région, et se termine, en se partageant en deux filets qui se ramifient, l'un dans la moitié dorsale, l'autre dans la moitié ventrale du tégument de cette nageoire. Dans son parcours, il n'offre pas d'autres rapports remarquables; les nerfs intermédiaires (fig. 2, *I*) ne sont pas en contact avec lui; ils se bifurquent, et leurs rameaux dorsal et ventral (*Id*, *Iv*) plongent dans l'épaisseur des muscles latéraux avant de l'avoir atteint. Le volume du tronc latéral est peu considérable; il diminue assez rapidement par suite de l'émission de branches nombreuses.

[1] Il existe, en revanche, de très-beaux ganglions sur les rameaux branchiaux qui en partent.

Ces branches sont, les unes dorsales, les autres ventrales; les premiers rameaux naissent du tronc avant son passage sous la ceinture scapulaire, les seconds dans tout le reste de sa longueur.

Rameaux dorsaux. — Les deux premiers rameaux dorsaux sont fournis par le tronc à son origine même, c'est-à-dire derrière le trou occipital. Accolés l'un à l'autre pendant un temps très-court, ils se séparent bientôt et se dirigent, l'un en haut et en avant, l'autre en haut et en arrière.

Le plus antérieur est le *rameau operculaire* (fig. 1, 3, 4, *op*): je lui ai trouvé quelquefois, chez le gardon, un volume extraordinaire et presque égal, dès sa naissance, à celui du tronc latéral lui-même. Après s'être porté en haut jusqu'au point le plus élevé de la cavité branchiale, il s'infléchit en bas et en dehors de façon à pénétrer dans l'épaisseur des muscles moteurs de l'opercule; il reçoit, pendant qu'il les traverse, un filet anastomotique assez long, que lui envoie le rameau operculaire du trigémino-facial, mais ne paraît pas leur abandonner de fibres nerveuses; se dégageant ensuite de leur groupe, il se place entre l'opercule et la muqueuse qui en revêt la face interne, et décrit, en suivant le sillon qui sépare l'opercule de l'inter-opercule, une courbe à convexité postérieure peu prononcée; il émet pendant ce trajet un grand nombre de petits rameaux dirigés en arrière, et dont le plus élevé se ramifie dans les deux tiers de la muqueuse de l'inter-opercule. J'ai pu suivre ce nerf jusqu'au voisinage de l'os sous-operculaire.

Le second rameau, *nerf surtemporal* (fig. 1, 3, 4, *st*), après s'être séparé du premier sous un angle très-ouvert, se porte en arrière et en haut, et gagne la région temporale; puis, après avoir passé sous le canal qui prolonge la ligne latérale du tronc jusqu'aux os sous-orbitaires (fig. 3, 1), il s'infléchit en avant pour l'accompagner jusqu'auprès de l'œil.

Il existe presque toujours un second rameau surtemporal, qui se détache du tronc nerveux un peu en arrière du précédent et qui, dans son trajet ascendant, côtoie le canal qui fait communiquer derrière la tête les canaux muqueux de la moitié droite du corps avec ceux de la moitié gauche. Il donne en chemin un filet qui suit la branche antéro-postérieure que ce canal envoie dans la direction de l'appareil olfactif.

Tous ces nerfs se distribuent aux canaux de la région temporale et aux corpuscules qui s'y trouvent renfermés (voy. p. 177).

Le domaine du troisième et dernier rameau dorsal, *rameau de l'interstice supérieur* (fig. 1, 3, 4, *DV*), est plus étendu que celui des précédents; né du tronc latéral derrière les rameaux sus-temporaux, il y reste accolé jusqu'au bord antérieur de la ceinture scapulaire; il se place alors entre le muscle latéral et l'os, puis, arrivé à son bord postérieur et devenu sous-cutané, il change brusquement de direction pour

se porter en haut et gagner, en décrivant une courbe régulière, l'interstice supérieur; au moment de ce changement de direction, il donne un filet ascendant qui se bifurque aussitôt et dont les deux branches se distribuent à la peau de la région dorsale antérieure et supérieure; quant au rameau lui-même, parvenu au niveau de l'interstice supérieur, il le suit d'avant en arrière et, devenu très-grêle, se termine un peu en arrière de la nageoire dorsale; il fournit pendant son trajet un grand nombre de petits filets cutanés ascendants; mais la majeure partie de ses fibres vient aboutir au tégument qui recouvre les deux faces de cette nageoire.

Rameaux ventraux (fig. 1, *c*, *c' c''*). Le tronc latéral, une fois parvenu dans le grand interstice, ne fournit plus que des rameaux ventraux; ces derniers, très-fins, sont en nombre égal à celui des cloisons intermédiaires; chacun d'eux contourne, dès sa naissance, le sinus lymphatique en passant au-dessus de lui, pour gagner ensuite la région abdominale et s'accoler à la branche ventrale du nerf intermédiaire (fig. 2, 5, *iv*). Au moment où elle devient superficielle à peu de distance au-dessous de l'interstice, le rameau qui résulte de leur union, se rend à l'une des écailles du canal latéral, en suivant à peu près la direction de l'une des cloisons intermusculaires, et en fournissant quelques filets cutanés; il pénètre dans cette écaille d'avant en arrière, en se glissant entre elle et celle qui la précède immédiatement, pour se terminer en se ramifiant dans la paroi du canal qui la traverse, sans aboutir à un corpuscule spécial.

La disposition de ces rameaux ventraux est en réalité beaucoup moins régulière, surtout au voisinage de l'interstice, que ne le feraient supposer les détails qui précèdent; cela tient à la tendance qu'ils ont à s'unir entre eux à peu de distance de leur origine par groupes de deux ou trois. Ces connexions peuvent s'établir de plusieurs manières:

1° Par des anastomoses parallèles au bord de l'interstice;

2° Par la fusion de la portion initiale de deux rameaux consécutifs.

On remarque souvent un mode de réunion qui semble tenir des deux précédents, il a été représenté fig. 1, *c'*; il peut être attribué, ou bien à la fusion de trois branches consécutives, ou bien à ce que ces trois branches sont restées unies par des anastomoses transversales, l'origine de la seconde et de la troisième branche faisant défaut. Il peut arriver quelquefois aussi qu'une branche unique présente une double origine.

Telles sont les principales variétés que le groupement des branches ventrales présente chez le gardon. Ces particularités n'ont pas été étudiées jusqu'ici; les ouvrages spéciaux ne renferment d'ailleurs aucun détail concernant le système latéral de ce cyprinide.

SYSTÈME LATÉRAL DU BROCHET.

(*Esox lucius.*)

(Le canal latéral est situé au niveau de l'interstice.)

Pl. II, fig. 1-7.

Racine du tronc latéral (fig. 4, *R*). — Elle naît sur les côtés de la moelle allongée, en arrière du glosso-pharyngien, et communique, par-dessus le nerf acoustique, avec la racine du trijumeau par le renflement de substance grise que j'ai déjà mentionné. Son origine est contiguë à celle de la seconde racine postérieure ; elles ont la même forme en bandelette et le même volume. La racine antérieure ne reçoit aucun rameau récurrent du trijumeau.

A l'endroit où les deux racines s'accolent, elles présentent un renflement ganglionnaire peu prononcé. Elles émettent un rameau dorsal intra-crânien, avant de s'engager dans le trou de l'occipital latéral.

Au sortir de cet orifice, le *tronc latéral* (fig. 1, 4, *LV*), large et aplati, décrit une courbe qui le porte au voisinage du point où la ceinture scapulaire s'attache au crâne; il suffit de soulever l'opercule pour l'apercevoir par transparence sous la muqueuse de la cavité branchiale.

Au moment où il atteint le bord antérieur de la ceinture scapulaire, il change subitement de direction et plonge en bas et en dedans pour gagner l'interstice principal et s'y placer profondément; il le parcourt ensuite, en décrivant de légères sinuosités, suivant une ligne antéro-postérieure qui correspondrait à l'union de ses trois quarts externes avec son quart interne. Pendant sa route, il diminue lentement de volume, jusqu'au moment, où, devenu superficiel par suite de la réduction d'épaisseur des muscles latéraux, il gagne la base de la nageoire caudale, et s'y termine en envoyant un filet à chacune des moitiés de sa surface latérale. Il présente, dans tout ce trajet, des rapports remarquables avec les nerfs intermédiaires : ces derniers ne restent simples que sur une petite longueur et dans leur partie profonde; ils se bifurquent au moment où ils vont atteindre le tronc latéral qui se trouve compris, sur toute sa longueur, dans les angles de ces bifurcations; les deux branches (ventrale et dorsale) des nerfs intermédiaires, le croisent obliquement sans s'anastomoser avec lui, et sans lui adhérer autrement que par un peu de tissu connectif[1]

[1] Il est facile de s'en assurer en examinant, dans la glycérine et sous un faible grossissement, un certain nombre de ces points de croisement.

puis elles continuent côte à côte leur trajet dans l'interstice, de dedans en dehors et d'avant en arrière; parvenues à son bord libre, elles se portent l'une au tégument du dos, l'autre à celui du ventre le long des cloisons intermusculaires.

Ici, comme chez le gardon, le tronc latéral, après avoir émis plusieurs rameaux dorsaux pendant qu'il traverse la cavité branchiale, fournit un grand nombre de filets destinés au canal latéral; ces derniers ne dépassent pas le bord externe de l'interstice.

Rameaux dorsaux. — Il y en a quatre: un operculaire, deux surtemporaux et un rameau de l'interstice supérieur. Les deux premiers naissent d'un tronc commun, à l'origine même du tronc latéral.

Le *nerf operculaire* (fig. 3, 4, *op. V*) est très-grêle; il se recourbe en avant et en dehors, jusqu'au point où, après avoir pénétré dans l'épaisseur des muscles moteurs de l'opercule, il est rejoint par un filet nerveux anastomotique provenant de la branche operculaire du trigémino-facial (*op. T*); le volume de ce filet est assez grand, et, comme il formera la majeure partie du nerf operculaire, le nom d'*anastomose* lui convient assez peu. Au sortir des muscles, ce nerf se bifurque et envoie des ramifications nerveuses à la muqueuse interne de l'opercule, jusqu'au voisinage des rayons branchiostéges.

Le *premier rameau surtemporal* (fig. 2, 3, 4, *St*), après s'être séparé de l'operculaire, se rend au canal qui s'étend horizontalement le long de la ligne suivant laquelle l'opercule se joint à la tempe; il s'y termine par plusieurs filets, à peu près à l'endroit où l'on voit se détacher de ce canal une branche dirigée transversalement en haut et en dedans.

Le *second rameau surtemporal* naît immédiatement en arrière du tronc commun des deux premiers rameaux dorsaux. Il se porte en arrière suivant la courbure du tronc latéral et fournit des éléments nerveux à la partie la plus reculée du canal dont je viens de parler.

Le *rameau* suivant est celui *de l'interstice supérieur* (fig. 1, 3, 4, *DV*). Né à très-peu de distance des précédents, il reste étroitement accolé au tronc latéral jusqu'au moment où ce dernier, quittant la cavité respiratoire, s'infléchit pour devenir profond; il se porte alors vers le haut, passe au voisinage du point d'union de la ceinture scapulaire avec le crâne et gagne, sous la peau, l'interstice supérieur, au niveau duquel, suivant toute apparence, il ne se prolonge pas en arrière au delà de la partie moyenne du corps; je n'ai pas pu le suivre jusqu'à la nageoire dorsale, dont la position est, comme on le sait, très-reculée chez le brochet. Ce nerf, beaucoup plus grêle que celui du gardon, fournit constamment un filet nerveux à la portion du canal latéral qui est renfermée dans l'os sus-scapulaire.

Rameaux ventraux (fig. 1, 3, c^1, c^2, etc.). — Leur volume n'excède pas celui des filets du nerf intermédiaire; ils naissent du tronc latéral à des intervalles d'abord assez considérables, mais qui diminuent à partir de sa portion moyenne, sans devenir cependant jamais moindres que l'espace compris entre deux ou trois cloisons intermusculaires; ils cheminent isolément pendant un temps très-court, puis s'unissent à la branche ventrale du nerf intermédiaire le plus voisin, pour ne s'en séparer qu'au niveau du bord libre de l'interstice; arrivé là, le filet intermédiaire ventral prend une direction descendante, tandis que le rameau du tronc latéral se porte directement en arrière, et vient se terminer dans une écaille de la ligne latérale (fig. 1, 2 et 5). La direction de ces rameaux est d'autant plus oblique en arrière qu'ils sont plus antérieurs; le second (fig. 1 et 3, c^2) est habituellement le plus long; je l'ai vu souvent s'accoler d'abord au filet intermédiaire ventral le plus proche, puis le quitter pour se joindre un instant au suivant et arriver de la sorte au bord externe de l'interstice, qu'il suit dans une étendue proportionnée au nombre des écailles qu'il innerve (cinq ou six). Il arrive parfois qu'un rameau du tronc latéral reste isolé (fig. 1, c^4); mais c'est là un fait exceptionnel.

Je crois devoir donner aux nerfs que je viens de décrire le nom de *rameaux ventraux*, bien qu'ils ne s'étendent pas au delà de l'interstice, car leur anastomose avec la branche descendante du nerf intermédiaire indique suffisamment leur analogie avec les rameaux ventraux du gardon (p. 10).

On vient de voir que les filets ventraux du tronc latéral vont se terminer dans les écailles de la ligne latérale; ces dernières sont reconnaissables à l'échancrure que présente leur bord postérieur convexe et qui s'étend jusqu'à leur partie moyenne en se rétrécissant un peu. La ligne latérale du brochet présente cela de très-singulier que la moitié seulement des écailles qui la composent sont échancrées de la sorte : chacune d'elles est séparée de la suivante par une quelquefois deux) écailles ordinaires[1]. Mais ce n'est pas tout: quelques rangées plus bas, on trouve ordinairement des ébauches, fréquemment interrompues, de lignes latérales semblables, dont les écailles échancrées alternent d'ordinaire avec les écailles semblables de la ligne principale; j'ai vu jusqu'à trois de ces lignes secondaires s'étendre sur une assez grande longueur parallèlement à cette dernière (fig. 6). C'est surtout vers le tiers postérieur

[1] J'ai cru longtemps que ces particularités n'avaient pas été signalées encore; toutefois, je dois dire que M. E. Blanchard en fait mention dans son bel ouvrage sur les poissons des eaux douces de France; ce naturaliste s'exprime comme il suit:

« Un fait singulier de l'écaillure du brochet, c'est que plusieurs des écailles de la ligne latérale qui court en droite ligne manquent du conduit de la mucosité et que des écailles ayant ce conduit, et ainsi le caractère ordinaire des écailles de la ligne latérale, se trouvent disséminées au-dessus ou au-dessous de cette ligne, où les conduits muqueux font toujours défaut chez les autres poissons. » *Loc. cit.*, p. 487.

du tronc qu'on devra les rechercher. Les échancrures deviennent plus rares à mesure qu'on se rapproche de la ligne du ventre et de celle du dos ; dans ce voisinage, elles sont éparpillées comme au hasard.

Les échancrures des écailles de la ligne latérale ne renferment pas un canal véritable (ce qui d'ailleurs s'expliquerait difficilement, vu les interruptions incessantes de cette ligne); elles contiennent une sorte de doigt de gant ou de cæcum, tapissé d'une couche épithéliale pavimenteuse et rempli d'un liquide coagulable.

En examinant ce dernier, après avoir enlevé l'épithélium, j'y ai trouvé une série de corpuscules analogues à ceux que LEYDIG[1] a nommés *corpuscules nerveux*, mais dont il ne paraît avoir trouvé, chez les poissons qu'il a examinés, qu'un seul, beaucoup plus gros d'ailleurs, par chaque écaille du canal latéral. Ils ont ici une dimension de $0^{mm},12$ à $0^{mm},17$ et sont au nombre de douze à quatorze; leur forme est arrondie, et ils sont serrés de façon à se toucher, mais sans se comprimer (fig. 7). Leur substance, plus claire à la périphérie, présente un aspect faiblement strié; ils offrent à leur partie moyenne une étroite ouverture en forme de boutonnière et reçoivent un petit faisceau de fibres nerveuses, que leur fournit la terminaison du rameau du tronc latéral, laquelle s'étend le long du cæcum, en suivant le bord supérieur de l'échancrure de l'écaille.

Il existe quelquefois des séries de corpuscules semblables, dont la direction est perpendiculaire à celle des précédents; elles partent de l'angle supérieur et postérieur de l'échancrure et s'élèvent un peu au-dessus d'elle; il m'ont semblé contenus dans un diverticulum du tube en doigt de gant.

J'ai trouvé ces mêmes corpuscules dans toutes les écailles échancrées, à quelque distance de la ligne latérale qu'elles fussent situées; ils sont moins nombreux, il est vrai, dans les plus éloignées, qui peuvent n'en renfermer que six ou sept. Il en résulte que l'analogie de ces écailles avec celles de la ligne latérale ne se borne pas à une simple ressemblance extérieure, mais qu'elles sont complétement identiques[2].

On remarquera que ma description du système latéral du brochet diffère à beaucoup d'égards de celle de STANNIUS[3]; en effet, d'après cet auteur :

[1] *Müller's Archiv*, 1850, p. 175.

[2] J'ai examiné soigneusement des lambeaux de tégument pris dans toutes les régions du corps, et jamais je n'ai rencontré ces corpuscules ailleurs que dans les écailles échancrées, ou tout au plus dans leur voisinage immédiat.

Pour les rechercher, le meilleur procédé consiste à plonger quelques instants dans de l'acide azotique étendu d'eau un lambeau de la peau, prise dans toute son épaisseur, puis à le placer, après l'avoir lavé, dans un bain de glycérine pure, où on le laissera quelques jours, jusqu'à ce que sa transparence soit devenue parfaite. L'acide azotique n'altère en rien les corpuscules ; il dissout une grande partie du tissu connectif de la peau, tout en respectant le tube de l'échancrure et son contenu.

[3] *Das peripherische Nervensystem etc.*, p. 102.

1° Le rameau operculaire n'existerait pas.

2° Il y aurait un rameau sus-scapulaire, mais pas de rameaux surtemporaux.

3° Le rameau de l'interstice supérieur ferait défaut.

4° Enfin, le tronc latéral fournirait, au moment où il se place dans l'interstice, un nerf superficiel très-fin (analogue au premier rameau du canal latéral de la perche) lequel, dans son trajet très-court sous l'origine du canal latéral, recevrait du tronc, situé profondément, de longues branches de communication[1]. La figure destinée à reproduire cette dernière disposition est d'une intelligence très-difficile[2]. Il est vraisemblable que STANNIUS n'a pas apporté à l'étude de ce système les soins scrupuleux qui distinguent ordinairement ses recherches.

SYSTÈME LATÉRAL DE LA PERCHE.

(*Perca fluviatilis.*)

(Le canal latéral est situé plus haut que l'interstice.)

Pl. III, fig. 1-9.

Racine du tronc latéral (fig. 5, *R* 1). Elle émerge des parties latérales de la moelle allongée, derrière le glosso-pharyngien, à peu de distance de la racine postérieure, dont l'origine est située tout à la fois plus en arrière et plus bas, et dont elle diffère par une longueur plus grande et un moindre volume. — A leur point de réunion ces deux racines fournissent le rameau intra-crânien, qui va rejoindre, au sommet du crâne, une branche analogue de la cinquième paire et former avec elle le nerf latéral du trijumeau.

La racine antérieure vient se terminer vers la partie supérieure d'un ganglion piriforme placé sur le trajet de la racine du pneumo-gastrique proprement dit, auquel elle est unie d'une manière assez solide, non-seulement par du tissu connectif, mais aussi par un certain nombre de fibres nerveuses commissurales.

C'est là, c'est-à-dire à l'orifice même de l'occipital, qu'on voit commencer le *tronc latéral* (fig. 1, 2, 4, *Lv*); il se porte directement vers la ceinture scapulaire, entre le muscle latéral et la muqueuse, et pénètre ensuite dans le grand interstice, qu'il parcourt d'avant en arrière, séparé de son bord externe par une distance

[1] Ce nerf superficiel, dont il est déjà question dans le travail de SCHLEMM et d'ALTON (*Müller's Archiv*, 1838), n'est probablement autre chose que le second rameau ventral du tronc latéral (voy. ci-dessus).

[2] *Loc. cit.* (pl. II, fig. 6).

qui correspond tout au plus au sixième de sa largeur totale; devenu superficiel au voisinage de la queue, non loin de la deuxième nageoire dorsale, par suite de l'amincissement de ce muscle, il se termine par une bifurcation à la base de la nageoire caudale, dont il innerve le tégument.

Le tronc latéral présente, avec les nerfs intermédiaires, des rapports assez compliqués, qu'il est nécessaire de connaître d'une manière précise pour pouvoir se rendre compte de certaines erreurs anatomiques sur lesquelles je reviendrai plus loin (p. 154). — Chaque nerf intermédiaire, dirigé obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors, se bifurque au moment où il est sur le point d'atteindre le tronc latéral; les deux filets nés de cette bifurcation divergent aussitôt et se plongent, l'un dans les muscles dorsaux, l'autre dans les muscles ventraux; il faut écarter les fibres musculaires pour arriver à reconnaître qu'ils ne se jettent pas dans le tronc latéral, au niveau duquel a lieu leur changement de direction, et auquel ils ne sont unis en ce point que par un peu de tissu connectif. — Une fois placés dans l'épaisseur des muscles, ils continuent leur chemin sans leur donner de fibres, mais en se rapprochant peu à peu de la peau, dans l'épaisseur de laquelle ils se terminent à une assez grande distance de l'interstice. — Il m'a été impossible de constater aucun rapport entre le filet dorsal des nerfs intermédiaires et les branches nerveuses destinées au canal latéral.

Rameaux du tronc latéral. — Dans son trajet, le tronc latéral décroît sans cesse, ce qu'expliquent suffisamment le nombre et le volume des branches qui s'en détachent et qui sont toutes dorsales.

Les deux premiers rameaux naissent presque à son origine, formant en apparence, par suite de leur accolement sur une certaine longueur, un nerf unique qui se partage bientôt en deux branches, l'operculaire et le surtemporal.

L'*operculaire* (fig. 1 et 4 *op*) se recourbe en avant et en dehors, traverse de haut en bas le ventre postérieur du muscle élévateur de l'opercule, à la face interne de laquelle il se place sous la muqueuse. Il gagne alors le bord supérieur de l'os operculaire, le suit quelque temps, puis se divise en deux filets, dont l'un envoie des ramifications en arrière à la pointe de l'opercule, tandis que l'autre descend parallèlement à son bord postérieur, auquel il fournit des éléments nerveux.

Ce nerf, beaucoup plus grêle que celui du gardon, reçoit, comme ce dernier, du trigémino-facial, une anastomose que j'ai vue très-nettement, malgré ses faibles dimensions.

Le *rameau surtemporal* (fig. 1 et 4, *st*), plus fort que le précédent, se porte directement en haut sous l'os sus-scapulaire, puis reparaît le long de son bord postérieur, qu'il suit en remontant, tout à côté de la branche descendante du nerf latéral du

trijumeau. Il se distribue au tégument de la région qu'il parcourt; je n'ai pas pu réussir à constater ses rapports avec les canaux muqueux voisins.

A quelque distance en arrière de l'origine des deux premiers rameaux dorsaux, on voit se détacher du tronc un nerf que je nommerai *premier rameau du canal latéral* (fig. 1 et 4, 1c). Il abandonne la cavité branchiale en passant sous le scapulaire, puis se dirige, sous la peau, de bas en haut et d'avant en arrière, de façon à atteindre le bord inférieur des écailles de la ligne latérale; il chemine alors parallèlement à cette ligne jusqu'au moment où il est rejoint par un nerf semblable à lui. Dans sa route, le premier rameau du canal latéral fournit de nombreux filets ascendants: les deux premiers, cachés sous la ceinture scapulaire, s'anastomosent avec la branche descendante du trijumeau. Ce fait me paraît bien établi, surtout en ce qui concerne la seconde anastomose, qui est la plus voisine de cette branche que Stannius a déclarée absente; j'ai constaté cette dernière sur une quinzaine d'individus et elle est sous mes yeux au moment où je la décris. Les filets suivants sont destinés aux écailles du canal latéral; les plus antérieurs sont les plus longs; ils se bifurquent quelquefois pour se rendre à deux écailles; les autres sont courts et toujours simples.

Le *second rameau du canal latéral* (fig. 1, Lc) naît à une grande distance du premier; le tronc a franchi déjà, lorsqu'il l'émet, dix ou onze des cloisons intermusculaires de l'interstice; ce rameau se dirige d'abord obliquement en arrière et en dehors, puis, parvenu au bord de la masse latérale dorsale, il devient sous-cutané ascendant et se porte au niveau du rameau précédent; il se réfléchit alors de façon à le prolonger en arrière après en avoir reçu l'extrémité et termine son trajet assez court, au moment où un troisième rameau vient à son tour se substituer à lui.

Les rameaux suivants (*second*, *troisième*, *quatrième et cinquième rameau du canal latéral*, fig. 1, 2c, 3c etc.) cheminent sur la face externe du muscle latéral à des intervalles à peu près égaux; ils s'étendent en diagonale entre deux lignes inter-musculaires consécutives et sont séparés par quatre ou cinq de ces lignes. Cette partie du système latéral est disposée, comme on le voit, avec une très-grande régularité; il peut arriver qu'un rameau se rapproche davantage de celui qui le précède ou de celui qui le suit, mais l'arrangement général n'est pas modifié pour cela.

Les rameaux qui naissent plus en arrière encore sont au nombre de quatre ou cinq (il y en a donc en tout huit ou neuf); ils deviennent d'autant plus grêles et plus courts qu'ils sont plus rapprochés du point où la ligne latérale regagne le niveau du grand interstice; le dernier se jette dans le tronc latéral au moment où il devient superficiel.

Aux points où ils s'unissent entre eux, les rameaux du canal latéral offrent quelques particularités que j'ai représentées pl. III, fig. 5, 6 et 7:

Ils sont quelquefois disposés en arcades: dans ce cas, les parties de l'arcade

les plus éloignées du canal lui envoient des filets nerveux moins nombreux, mais plus longs et présentant une tendance à se ramifier (fig. 5).

D'autres fois, il se détache de la portion ascendante d'un rameau, souvent dès son apparition au dehors de l'interstice, un filet très-grêle qui se porte en haut et en avant, pour se jeter dans le rameau qui précède, à une petite distance de sa terminaison (fig. 6).

Enfin, cette même portion peut émettre de bonne heure un ou deux filets qui lui restent parallèles et se portent directement aux écailles de la ligne latérale (fig. 7).

Les rameaux dorsaux forment par leur ensemble, dans la partie de leur parcours où ils sont dirigés d'avant en arrière, une sorte de branche nerveuse qui suit le canal latéral jusqu'à son extrémité et se termine au point où le tronc latéral devient superficiel. Cette branche a été décrite jusqu'ici sous le nom de *tronc* ou de *rameau superficiel du canal latéral*. C'est M. le professeur Baudelot qui, le premier, a fait connaître qu'elle est formée par la juxtaposition successive de plusieurs branches dorsales [1].

Chacune des écailles de la ligne latérale reçoit l'un des nombreux filets nerveux que fournissent les branches dorsales du canal dans leur portion antéro-postérieure; ils se terminent dans le corpuscule que renferment toutes ces écailles et qui est situé dans le canal qui les traverse, à l'endroit où elles se dégagent de dessous l'écaille précédente.

Ces corpuscules (fig. 9) sont de forme ovoïde et leur grand diamètre est placé suivant l'axe du canal. Leur dimension est de $0^{mm},65$ sur $0^{mm},34$. Ils sont donc très-visibles à l'œil nu. Ils se composent d'une enveloppe de substance faiblement striée, d'une épaisseur de $0^{mm},07$, renfermant un grand nombre de cellules arrondies, au milieu desquelles se perdent les fibres nerveuses. Le canal est rempli d'un liquide coagulable (qu'il renferme, d'après Leydig, chez tous les poissons). Au niveau de chaque corpuscule, ce canal s'ouvre au dehors par un petit cornet formé par la substance même de l'écaille; c'est en ce point qu'on voit ressortir les liquides injectés dans le canal [2].

La description anatomique de la perche, qui précède l'histoire naturelle des poissons

[1] *Recherches d'anatomie comparée*, 1868, p. 30, note.

[2] Les terminaisons des nerfs dans le canal latéral de la perche ont été étudiées par Fr. Eilh. Schultze (*Müller's Archiv*, 1861). Cet anatomiste affirme que les fibres nerveuses, après avoir traversé le petit amas de cellules contenu dans le corpuscule, se continuent jusque dans l'intérieur du cornet de l'écaille; elles flotteraient, sous forme de filaments délicats, dans le liquide ambiant qui vient y pénétrer. Il a trouvé, dit-il, des corpuscules semblables placés sur la nageoire caudale dans le prolongement même du canal latéral.

de Cuvier, renferme des détails assez étendus sur le nerf latéral. Comme cette description est devenue classique, je crois devoir résumer les erreurs qu'elle renferme :

1° L'auteur omet le rameau operculaire, ainsi que le surtemporal.

2° Il considère à tort la première branche du canal latéral comme s'étendant sans interruption jusqu'au bout du corps.

3° Il n'indique pas les rapports de cette branche avec le canal latéral.

4° Il avance que le tronc latéral, d'une part, reçoit des anastomoses de toutes les branches intercostales des nerfs spinaux, de l'autre, fournit, au travers de tous les intervalles des couches musculaires, des nerfs qui se rendent à la peau. Ces derniers faits, très-controversés, ne me semblent pas devoir être admis; j'en dirai plus loin la raison.

DEUXIÈME PARTIE.

Quelles sont les modifications que présentent, dans la série des poissons, les différents nerfs qui composent le système latéral du pneumo-gastrique ?

Je me suis efforcé de réunir, pour répondre à cette question, tous les faits qui s'y rapportent; les uns sont empruntés aux ouvrages classiques, les autres dus à mes recherches personnelles.

Ces faits, qui seront exposés pour chacun des éléments du système, dans l'ordre de leur découverte, me permettront d'indiquer les variations que ces éléments éprouvent dans les principales familles de poissons, osseux, ganoïdes et cartilagineux.

Je traiterai donc successivement :

1° De la racine du tronc latéral;

2° De ce tronc lui-même et de ses rapports;

3° De ses branches dorsales (rameaux operculaire et surtemporal ; — rameau de l'interstice supérieur; — rameaux du canal latéral);

4° De ses branches ventrales;

5° Du mode de terminaison de ses branches dans le canal latéral.

RACINE DU TRONC LATÉRAL.

Le nerf pneumo-gastrique des poissons possède deux racines: ce fait, qui ne paraît pas souffrir d'exceptions, est acquis à la science depuis assez longtemps ; en revanche, la relation qui existe, d'une part, entre la racine antérieure et le tronc

du système latéral, de l'autre, entre la racine postérieure et le pneumo-gastrique proprement dit, n'a été reconnue que plus tard.

BISCHOFF semble indiquer cette relation dans le passage suivant : « Le rameau postérieur du vague (nerf latéral) naît de la moelle allongée tout à fait à part; il contracte avec le nerf vague des rapports qui rappellent ceux de l'accessoire de Willis de certains animaux.[1] »

STANNIUS[2] a, le premier, insisté sur cette importante particularité, que BÜCHNER n'avait pas soupçonnée.

La *racine du tronc latéral* (*racine antérieure ou première racine du nerf vague*) fait suite à l'extrémité postérieure d'un renflement latéral de substance grise, qu'on nomme *lobe de la moelle allongée ou lobe postérieur*, et duquel on voit partir, à l'extrémité opposée, la racine simple ou double du nerf trijumeau; ce renflement s'étend au-dessus de la racine du nerf acoustique et de celle du glosso-pharyngien. Il est assez faible chez les Cyprinides, surtout quand on le compare avec le lobe du nerf vague, ordinairement si développé, duquel provient chez eux la racine postérieure.

J'ai dit déjà que, pour trouver l'origine réelle des deux racines du nerf vague, il fallait les poursuivre dans la moelle allongée jusqu'au point où elles se jettent dans un faisceau de substance blanche parallèle au bord externe du quatrième ventricule, auquel aboutissent également les origines réelles du glosso-pharyngien et du filet grêle du trijumeau.

Différentes particularités caractérisent la première racine : elle naît plus en avant et plus haut que la seconde; elle est ordinairement moins volumineuse, surtout dans les poissons dont le système latéral est très-réduit (cycloptère, diodon, ostracion); cependant chez les gadoïdes et le brochet, elle l'égale presque en volume. Enfin, elle est généralement allongée, de forme rubanée, et tout à fait simple, tandis que la seconde est courte, arrondie et subdivisée en plusieurs faisceaux.

On a vu plus haut que le brochet présente à cet égard une exception remarquable; chez ce poisson les deux racines cheminent côte à côte, sous la forme de deux bandelettes de même volume.

Anastomose du rameau récurrent du trijumeau avec la racine du tronc latéral. — Chez le gardon, la racine antérieure reçoit du trijumeau un rameau récurrent, que j'ai décrit (p. 7); ce fait s'observe dans la plupart des cyprins, sans qu'on puisse dire toutefois qu'il les caractérise absolument; en effet, ce rameau fait défaut chez la loche et chez la tanche, tandis qu'il existe chez le merlan (gadoïdes). M. le professeur BAUDELOT, qui l'a observé dans ce poisson, fait remarquer que sa situation en dehors

[1] *Nervi accessorii Willisii anat. et phys.*, p. 52.

[2] *Das peripher. Nervensystem*. p. 80.

du nerf acoustique n'autorise pas à mettre en doute son identité avec le rameau récurrent des cyprins; on constate en effet que chez ces derniers il est rarement situé en totalité au dedans de l'acoustique; dans la brème et le gardon, il s'en détache un faisceau qui passe en dehors de ce nerf et, dans le barbeau, on le voit s'entrelacer avec lui, de manière à former une sorte de treillis fort remarquable. De ces faits on doit conclure, avec M. BAUDELOT, que « chez les cyprins déjà le faisceau récurrent offre une tendance à s'élever sur les côtés du bulbe, de manière à enjamber successivement, pour ainsi dire, les paires nerveuses qui naissent de cette partie de l'axe médullaire[1]. »

Il est probable qu'on trouvera cette anastomose dans un certain nombre d'autres poissons.

La découverte de la branche récurrente est due à E. H. WEBER, qui, du reste, n'a pas décrit très-clairement la communication qu'elle établit entre le trijumeau et le vague[2]. Depuis cette époque, BISCHOFF l'a indiquée avec plus de précision chez la carpe, mais en passant et sans paraître en soupçonner l'intérêt[3].

Rapports de la racine du tronc latéral avec le renflement ganglionnaire de la racine postérieure. — Après un trajet plus ou moins long d'avant en arrière, et au moment où elle va sortir du crâne, la racine du tronc latéral vient se placer en dehors de la racine postérieure, dont elle croise la direction et qui présente en ce point un renflement ganglionnaire d'un volume très-variable; elle s'accole à ce ganglion, vers le bord supérieur duquel elle semble se terminer, mais seulement pour être continuée, sans interruption réelle, par le tronc latéral. Le point de réunion des deux racines est ordinairement situé dans l'orifice même de l'occipital latéral, par lequel les éléments du nerf vague quittent la cavité crânienne[4]; immédiatement avant d'y pénétrer, elles donnent naissance au rameau dorsal intra-crânien du pneumo-gastrique.

Toutes les fibres de la racine antérieure et de l'origine du tronc latéral présentent sur leur trajet, au niveau du ganglion et quelquefois même au delà, une cellule ner-

[1] *Recherches d'anat. comp.*, p. 36-37.

[2] *In cyprino carpione nervus trigeminus ramum crassum sub nervo acustico transeuntem retrorsum ablegat, qui in basi cranii in magnum ganglion a medulla oblongata tectum intumescens quinque ramis originem dat .. alter ramus per idem ostium cum nervo vago e cranio editur; quintus (ramus) sub nervo vago transiens atque ad foramen magnum laterale ossis occipiti veniens, cum nervo hypoglosso a medulla oblongata incipiente, duabus radicibus conjungitur* (*De aure etc.*).

[3] *Secunda (radix trigemini), aut ipsa oritur a trigemino et ramum mittit ad vagum, aut ramus est radicis, quam trigemium ad vagum porrigit* (*Nervi accessorii Willisii anat. et phys.*).

[4] STANNIUS dit avoir vu cet orifice partagé en deux trous contigus par un pont osseux, sur un saumon de grande taille. Il ne dit pas si, dans ce cas, les deux racines restaient séparées (*Das periph. Nervensystem*).

veuse bipolaire[1]; il en résulte quelquefois que le tronc latéral est renflé à sa naissance (*belone*, *silurus*, *anguilla*, *accipenser*, *torpedo*[2]). STANNIUS affirme avoir vu toujours, en cet endroit, un certain nombre de fibres émanées des cellules du ganglion de la racine postérieure venir se joindre aux précédentes pour cheminer avec elles. Les déductions qu'il tire de ce fait reposent sur des idées physiologiques abandonnées, et je ne crois pas devoir les exposer ici.

L'union des deux racines, au moment où elles se croisent, est maintenue surtout par du tissu connectif; toutefois on aurait remarqué en ce point, chez les poissons cartilagineux, un véritable entrelacement des fibres nerveuses; c'est là une question à étudier plus complétement.

TRONC LATÉRAL[3].

Le *tronc latéral* s'étend depuis l'orifice crânien, qui livre passage au nerf vague, jusqu'à la nageoire caudale, où il se termine; il parcourt, d'avant en arrière, d'abord la cavité respiratoire, puis le grand interstice.

Plusieurs auteurs réservent le nom de *tronc latéral* à la portion de ce nerf comprise entre son origine et la ceinture scapulaire; ils admettent qu'en ce dernier point, le tronc proprement dit se divise en deux longues branches terminales, représentées par le nerf superficiel du canal latéral et le nerf latéral du grand interstice musculaire; je n'adopterai pas ici ce mode de description par des raisons que je développerai plus loin (p. 162).

Le volume du tronc dépend du développement de l'ensemble du système latéral. Il est considérable chez le brochet et les gades, très-réduit, au contraire, chez les plectognathes (ostracion surtout) et chez le cycloptère, où, par suite de ses faibles dimensions, il a échappé aux recherches de DESMOULINS. Quel qu'ait été son volume initial, il est toujours très-grêle à son extrémité, par suite de la diminution progressive qu'il éprouve constamment.

Presque toujours il est de forme arrondie; chez le brochet, il est légèrement aplati, surtout dans sa moitié antérieure. Il se dédouble quelquefois sur une faible partie de sa longueur (pl. V, fig. 7).

[1] Ce fait a été signalé par BIDDER. Chez la lamproie, l'un des pôles de ces cellules est toujours plus gros que l'autre (*Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern*, p. 28 et 29).

[2] D'après SAVI (*Études anatomiques sur le système nerveux de la torpille*, p. 316).

[3] Je n'ai pu découvrir l'anatomiste à qui l'on doit la découverte du tronc latéral du vague. MONRO n'en fait pas encore mention en 1783, et en 1820, WEBER en parle comme d'un nerf connu depuis longtemps. On ne trouve, dans l'intervalle, aucune publication importante sur le système nerveux des poissons.

Au sortir du crâne, le tronc latéral traverse la cavité branchiale d'avant en arrière; il est placé à sa partie supérieure, sous la muqueuse, qui le maintient appliqué contre l'extrémité antérieure de la masse musculaire dorsale.

Son trajet dans cette région est généralement court; chez le brochet cependant, il y décrit une courbe prononcée. Le plus souvent, il se porte directement au voisinage de la ceinture scapulaire; c'est là qu'il pénètre dans le muscle dorsal, tantôt restant à peu de distance de sa surface, tantôt y plongeant profondément, suivant la position qu'il doit occuper dans l'interstice. Ce passage sous la ceinture s'effectue, dans la plupart des poissons, à peu près au niveau de ce dernier; il a lieu très-haut chez le brochet (près du point le plus élevé du scapulum), très-bas, au contraire, chez les gades, où ce nerf perfore de part en part l'extrémité de la masse ventrale, pour venir ensuite se placer sous la peau, un peu plus bas que le bord libre de l'interstice et rester superficiel jusqu'à l'extrémité du corps (pl. IV, fig. 1).

Au delà de la ceinture scapulaire, le trajet du tronc latéral devient directement antéro-postérieur, du moins quant à sa direction générale, car il décrit constamment de légères sinuosités très-régulières[1]; aussi sa longueur réelle excède-t-elle un peu celle de l'interstice. En même temps, son volume diminue sans cesse.

Arrivé à la base de la nageoire caudale, il se termine en se divisant en deux filets grêles destinés chacun à l'une des moitiés latérales de cette nageoire. Leurs ramifications terminales, dont DESMOULINS nie l'existence[2], forment entre elles, sous la peau de cet organe, un réseau nerveux à mailles très-fines.

La situation du tronc dans l'interstice varie suivant les types; on le trouve placé:

Très-profondément, au voisinage immédiat de la colonne vertébrale, chez le murénophis, la gymnote, parmi les poissons osseux; chez la chimère, parmi les ganoïdes et chez les sélaciens;

Profondément, c'est-à-dire vers le tiers interne, dans le brochet, le trigle, l'anguille;

Peu profondément, vers le tiers externe, chez beaucoup de percoïdes;

Presque superficiellement, en dedans du sinus lymphatique, chez le gardon et d'autres cyprins, ainsi que chez plusieurs poissons dont le système latéral est très-réduit, tels que les plectognathes et le cycloptère; parmi les ganoïdes, chez l'esturgeon;

Tout à fait superficiellement, c'est-à-dire sous la peau, hors de l'interstice et un peu au-dessous de lui; on le trouve dans cette situation caractéristique chez les gades (morue, lote).

[1] Elles sont très-nombreuses chez la lotte.

[2] « On dit qu'il s'épanouit en rayonnant sur chaque face de la nageoire caudale; je n'ai pu le constater nulle part; l'extrême petitesse de ce nerf près de la queue m'en fait douter » (*Système nerveux des animaux à vertèbres*, p. 447).

On remarquera que le tronc latéral est toujours superficiel dans sa partie terminale, bien que, dans la plupart des types, il ne le soit pas dès l'abord. Ce n'est pas à la vérité qu'il change de place; cela vient au contraire de ce que le bord libre de l'interstice, par suite de la diminution d'épaisseur progressive de la masse latérale, se rapproche sans cesse de lui et finit par l'atteindre à la région caudale et même quelquefois plus tôt, ainsi que STANNIUS dit l'avoir vu chez le *carcharias glaucus*, où ce nerf devient sous-cutané à peu de distance de la deuxième nageoire dorsale, bien qu'il demeure placé dans toute sa longueur très-près de la colonne vertébrale.

Le tronc latéral est toujours en rapport avec la masse musculaire latérale, dans laquelle il est comme enseveli; il est donc placé sous les arêtes du muscle dorsal, et, de plus — s'il est très-profond, sur les côtes et sur les rameaux spinaux intercostaux qui leur sont parallèles (murénoïdes) ou sur les apophyses transverses costiformes (sélaciens), — s'il est superficiel, le long du sinus lymphatique et en dedans de lui.

Rapports du tronc latéral avec les nerfs intermédiaires. Reçoit-il des anastomoses de ces nerfs? — Le tronc latéral est croisé à des intervalles égaux, pendant qu'il chemine dans l'interstice, par les nerfs spinaux intermédiaires, qui se portent obliquement en dehors et en arrière le long de chacune des cloisons intermusculaires. Ses rapports répétés avec ces nerfs ont amené les anatomistes à rechercher s'il ne communique pas anastomotiquement avec eux au moment où il les croise. On semblait autorisé à l'admettre, car WEBER avait démontré l'existence de communications semblables entre le *nerf latéral du trijumeau* et les branches spinales dorsales qu'il rencontre successivement dans son trajet: en était-il de même pour le *nerf latéral du vague* et les nerfs spinaux intermédiaires? La ressemblance de ces deux grands nerfs longitudinaux devenait très-remarquable, pour peu que la réponse à cette question fût affirmative.

La difficulté eût été résolue plus aisément si l'on s'était attaché, dès l'abord, à se rendre un compte exact de la manière dont les branches intermédiaires se comportent dans l'interstice au voisinage du tronc latéral. Ce côté du problème a été négligé longtemps, ainsi que nous allons le voir.

Les nerfs intermédiaires semblent avoir échappé aux auteurs antérieurs à CUVIER; ni WEBER, ni DESMOULINS n'en indiquent l'existence. CUVIER, de son côté, en parle dans des termes qui portent à croire qu'il n'en connaissait aucune mention antérieure à la sienne; il ne leur donne pas de nom spécial; ce sont pour lui des « filets particuliers différents des intercostaux[1]. » Il admet que leur rôle consiste uniquement à

[1] *Hist. nat. des poiss.*, vol. 1, p. 327. — CUVIER ne considérait comme nerf spinal que le rameau intercostal; le rameau intermédiaire et le rameau dorsal étaient, pour lui, des filets anastomotiques se rendant, l'un à une branche du nerf vague (tronc latéral), l'autre à une branche du trijumeau (nerf latéral).

établir une communication entre les nerfs spinaux et le tronc latéral, dans lequel ils se jetteraient en totalité, si l'on s'en rapporte à la pl. IV de son livre, qui prête à ces anastomoses les plus grandes dimensions.

L'inexactitude de cette assertion fut relevée plus tard par Van Deen[1], qui fit voir que les nerfs intermédiaires ne s'arrêtent pas au tronc, mais continuent leur trajet en passant au-dessus de lui, sans qu'il s'établisse de connexions entre eux ; du reste, il ne dit rien de leur distribution ultérieure.

Pour Büchner[2], la branche intermédiaire (qu'il nomme branche spinale superficielle) est très-fine chez le barbeau: « elle se perd dans la couche supérieure du grand muscle latéral et s'anastomose avec le nerf latéral de la paire vague. » Elle fournit donc à son extrémité, d'après cet auteur, deux filets, l'un musculaire, l'autre anastomotique.

Stannius[3], d'autre part, avance que les filets intermédiaires moyens, après avoir croisé le canal latéral, en passant au-dessus de lui, sans lui donner d'anastomose, se distribuent aux muscles latéraux, particulièrement à la masse dorsale, puis viennent se placer sous la peau. Il a vu, chez le lump, ces mêmes nerfs se diviser au bord libre de l'interstice et fournir deux filets sous-cutanés. On voit qu'ici encore il est question d'une bifurcation terminale.

Enfin, suivant M. le professeur Baudelot[4], ces nerfs, durant leur trajet de dedans en dehors, fournissent quelques filets aux muscles environnants; « au moment de devenir superficiels, ils se partagent en deux branches, l'une ascendante, l'autre descendante, dont les ramifications vont se perdre dans la peau des régions situées au-dessus et au-dessous de la ligne de séparation des muscles dorsaux et ventraux. »

Des deux descriptions qui précèdent et dont j'ai eu de fréquentes occasions de contrôler l'exactitude, il résulte que les nerfs intermédiaires se terminent par une bifurcation. Ajoutons — c'est là un fait important — que son origine est toujours située entre la colonne vertébrale et le tronc latéral. Comme ce dernier est assez rapproché de la surface dans l'immense majorité des poissons, on peut dire d'une manière générale que les nerfs intermédiaires se partagent au moment où ils vont devenir superficiels. Chez les gadoïdes, il arrive même qu'ils restent simples tant qu'ils traversent l'interstice, et ne se séparent en deux filets que quand ils sont arrivés à son bord libre. Cette particularité est expliquée par la position exceptionnelle du tronc

[1] *Müller's Archiv*, 1834, p. 479.
[2] Anatomie du système nerveux du barbeau dans *Mém. de la Société d'hist. nat. de Strasbourg*, 1845, t. II, p. 29.
[3] *Das peripherische Nervensystem*, p. 100 et 119.
[4] *Recherches d'anat. comp.*, p. 30

latéral dans ces poissons, chez lesquels il se trouve placé tout à fait superficiellement sous la peau en dehors de l'interstice, avec lequel il n'a pas de rapports; au contraire, dans les poissons qui, comme le brochet, ont un tronc latéral profond, le sommet de la bifurcation est reporté au voisinage de la colonne vertébrale. Pour se rendre compte de ces différentes dispositions, il suffira de recourir aux figures qui les représentent sur des coupes transversales chez le gardon, le brochet, la perche, la lotte et la loche d'étang (pl. I, II et III, fig. 2, et pl. IV, fig. 2 et 6).

Les rapports des filets des nerfs intermédiaires avec le tronc latéral sont ordinairement très-intimes. Ils s'appliquent sur lui au moment où ils le croisent, y adhérant d'une manière assez solide, grâce à la présence d'une petite quantité de tissu connectif. Ils changent ensuite de direction pour devenir, l'un ascendant, l'autre descendant; ils plongent souvent en ce point même dans la masse musculaire, et leur disparition au delà du tronc ferait croire, au premier abord, qu'ils s'y sont terminés.

Il faut recourir à un examen minutieux et même à l'emploi du microscope pour arriver à se convaincre que les filets intermédiaires ne contractent pas de relations anastomotiques avec le tronc latéral à leur point de croisement avec lui ; les apparences tendraient à le faire croire, et l'on conçoit qu'elles aient pu induire en erreur d'habiles anatomistes, arrêtés d'ailleurs par les difficultés qu'on éprouve à disséquer sur des pièces fraîches, ainsi que le faisait BÜCHNER entre autres, des filets nerveux très-grêles ensevelis au milieu d'une masse musculaire épaisse.

C'est ainsi que CUVIER lui-même a pu se trouver victime, à cet égard, d'une double illusion, qui l'a conduit à regarder : 1° les nerfs intermédiaires comme des rameaux anastomotiques unissant le nerf intercostal au tronc latéral, et 2° les filets terminaux de ces mêmes nerfs intermédiaires comme des filets fournis par ce tronc à la peau, au travers de tous les interstices musculaires. — On a dû remarquer que les erreurs de ce genre ne sont pas possibles chez les gadoïdes, en raison de la position superficielle du nerf latéral au dehors de l'interstice et de l'absence de rapports compliqués de sa part avec les filets intermédiaires. Aussi CUVIER a-t-il reconnu sans difficulté que, chez la morue, ce tronc ne présente pas de communications avec les nerfs spinaux.

L'intérêt qui se rattache à la question des anastomoses m'engage à passer ici en revue les opinions émises sur ce point d'anatomie par les auteurs qui se sont occupés du système nerveux des poissons.

Dans sa notice sur les quatre grands nerfs longitudinaux des poissons, E. H. WEBER, après avoir rappelé que le nerf latéral du trijumeau a été découvert par lui, fait remarquer que ce nerf offre des connexions très-multiples intimes avec les nerfs spinaux

et diffère en cela du nerf latéral du vague, dont l'examen ne lui a rien présenté de semblable[1].

Cuvier combat l'opinion de Weber et déclare, ainsi que nous l'avons vu, que: « dans beaucoup de poissons, notamment dans la perche, le nerf latéral marche en ligne droite dans l'épaisseur des muscles latéraux, recevant de tous les nerfs de l'épine des filets particuliers différents des intercostaux et en donnant à la peau au travers de tous les interstices des couches musculaires[2].

« Dans d'autres, tels que la morue, il est superficiel dans toute sa longueur et on ne lui voit pas de communications avec les nerfs de l'épine, ou du moins elles sont difficiles à voir.

« Dans la carpe, ces communications ont lieu par des filets très-fins. [3]»

Van Deen accuse, de son côté, Cuvier de s'être trompé en admettant, chez la perche, l'existence des anastomoses. On ne les rencontre pas davantage, suivant lui, chez les autres poissons. Il les a cherchées dans le brochet, l'anguille, la plie, sans aucun succès, malgré un examen très-attentif[4].

Büchner, reprenant la question, se range à l'avis de Cuvier; voici ses expressions:

« Quant à l'anastomose (du nerf latéral avec les nerfs spinaux), je puis confirmer ce que Cuvier en dit: je suis parvenu à la trouver avec quelques nerfs spinaux et je ne doute pas qu'elle n'ait lieu pour tous. Elle est extrêmement fine et a lieu avec la branche superficielle des nerfs spinaux; il faut faire cette préparation à l'aide de la loupe sur des sujets tout à fait frais, où la couleur blanche des filets nerveux contraste encore fortement avec celle de la chair. Sur des pièces conservées dans l'alcool, il est impossible de distinguer ces filets[5]. »

Savi, décrivant le nerf latéral du pneumogastrique chez la torpille, dit expressément: il paraît que ce nerf ne s'anastomose pas avec les nerfs spinaux dont il croise la direction[6].

[1] « *Dieser vom Trigeminus entspringende Längennerve unterscheidet sich dadurch von dem vom Vagus entspringenden Längennerven, dass er mit den Spinalnerven in der innigsten Verbindung steht. Denn beim eigentlichen vom Nervus vagus stammenden Seitenlängennerven habe ich und Andere vor mir, während seines Verlaufes in der Seitenlinie, keine solche Verbindung mit den Rückgratsnerven entdecken können* » (*Ueber vier Längennerven etc.*, in *Müller's Archiv f. Anat. und Phys.*, 1827, p. 304).

[2] Ce dernier détail prouve que c'est bien des nerfs intermédiaires qu'il s'agit ici.

[3] *Hist. nat. des poiss.*, p. 327.

[4] « *Cuvier und Valenciennes haben daher geirrt, da sie glaubten der Ramus lateralis profundus verbinde sich bei Perca fluviatilis mit allen Nervi interspinales. Diese Verbindung findet so wenig bei diesem als bei irgend einem andern Fische statt. An Esox lucius, Muræna anguilla, Pleuronectes platessa, so wie auch an Perca fluviatilis, habe ich den Nerven sehr genau untersucht* » (*Müller's Archiv f. Anat. und Phys.*, 1834, p. 479).

[5] *Anat. du syst. nerv. du barbeau*, p. 27.

[6] *Études anat. sur le syst. nerv. de la torpille*, p. 316.

STANNIUS, après avoir résumé les opinions des anatomistes que je viens de citer, se prononce pour la négative : « Je n'ai pas observé, dit-il, le passage des nerfs spinaux dans le tronc proprement dit du nerf latéral. J'appuie donc l'avis de E. H. WEBER. CUVIER et BÜCHNER, deux observateurs d'un grand mérite, contredisent cette assertion. Je ne puis qu'opposer à ces affirmations l'assurance que j'ai cherché en vain de semblables anastomoses chez beaucoup de poissons, tels que cyprinus, esox, gadus, spinax, raja[1]. »

Enfin, M. le professeur BAUDELOT, dans une publication récente, affirme très-positivement l'existence des anostomoses ; d'après lui, « elles sont toujours très-fines ; elles ont lieu, tantôt à une certaine profondeur entre le nerf latéral et un filet du nerf intermédiaire (brochet), tantôt sous la peau, entre les branches descendantes du nerf latéral et les branches descendantes des nerfs intermédiaires (gardon, nase[2]). »

J'aurais hésité à exprimer une opinion personnelle après des anatomistes dont le nom fait autorité, si l'intimité spéciale des rapports du tronc latéral avec les filets des rameaux intermédiaires ne m'avait semblé fournir une explication naturelle[3] de l'erreur commise par les auteurs qui disent avoir vu des anastomoses *entre les nerfs intermédiaires et le tronc latéral lui-même*[4]. En revanche, on en découvre aisément *entre ces mêmes nerfs intermédiaires et les rameaux ventraux du tronc latéral* ; mais sont-ce là de véritables anastomoses, comme le veut M. BAUDELOT? Peut-être ce nom ne leur convient-il pas absolument. STANNIUS paraît le croire, car il déclare les anastomoses absentes, et cependant il avait observé chez les cyprins la réunion par accolement dont il s'agit ici[5]. D'ailleurs, quelque nom qu'on donne à cette dernière, o est forcé de reconnaître dans la tendance que les rameaux ventraux du tronc latéral et les rameaux de même nom des nerfs intermédiaires ont à se réunir pour se rendre

[1] « *Es ist mir nicht vorgekommen, dass in dem eigentlichen Stamm der Seitennerven Elemente von anderen Nerven und namentlich von Spinalnerven übergegangen wären. Ich muss daher durchaus der Bemerkung von E. H. Weber beipflichten, dass der Rumpf und Schwanztheil des Truncus lateralis vagi in keiner directen Verbindung steht mit den Spinalnerven, und dass dieser Umstand ihn sehr wesentlich von dem R. trigemini unterscheidet. Dieser Behauptung stehen zwei bedeutende Widersacher gegenüber, Cuvier und Büchner... Ich kann diesen Behauptungen nur die Versicherung entgegenstellen, dass ich bei vielen Fischen, z. B. bei Cyprinus, Esox, Gadus, Spinax, Raja, vergeblich nach solchen Verbindungen gesucht habe* » (*Das peripher. Nervensyst. etc.*, p. 96).

[2] *Recherches d'anat. comp.*, p. 31.

[3] Voy. p. 154.

[4] C'est dans ces termes précis que la question des anastomoses a été posée par tous les auteurs que je viens de citer.

[5] « *Diese Hautzweige (der Rami medii) können sich, wie ich häufig gesehen habe, an die feinen Zweige vom Truncus lateralis vagi anlegen* (*Das peripher. Nervensyst. etc.*, p. 120).

à une destination commune, la preuve manifeste de leur parenté anatomique, de leur *homologie* en un mot.

RAMEAUX DU TRONC LATÉRAL.

Le tronc latéral émet toujours des rameaux plus ou moins nombreux : on peut les diviser en rameaux dorsaux et en rameaux ventraux [1].

Les premiers peuvent naître dans toute la longueur du tronc latéral ; les seconds, au contraire, ne se rencontrent qu'en arrière de la ceinture scapulaire. Ajoutons que, d'après les descriptions données jusqu'ici, le tronc ne semblerait pas doué de la faculté d'émettre, dans les mêmes parties de son trajet, tout à la fois des rameaux dorsaux et des rameaux ventraux.

Ce fait pouvait donner lieu à quelques doutes sur la légitimité d'une semblable division des branches du nerf latéral. N'était-il pas permis de penser que le tronc n'en fournit, en réalité, que d'un seul ordre, lesquelles, suivant les circonstances, tantôt se seraient portées à la région dorsale, tantôt, si je puis m'exprimer ainsi, se seraient rabattues vers la région ventrale ?

La découverte d'une particularité anatomique est venue récemment mettre un terme à mon incertitude. J'ai vu le tronc latéral fournir *au même point* un rameau dorsal et un rameau ventral. Chez le muge capiton, dont le système latéral est d'ailleurs remarquable à bien des titres, le troisième rameau dorsal (que je regarde comme représentant chez ce poisson le premier rameau du canal latéral des percoïdes), naît en même temps que la première branche ventrale, à peu de distance de l'origine du nerf latéral. Ces deux rameaux restent accolés entre eux pendant qu'ils traversent la cavité branchiale, à la limite postérieure de laquelle ils se séparent pour se porter l'un à la région dorsale du corps, l'autre à sa région ventrale.

On voit donc que le tronc latéral possède réellement, comme les nerfs intermédiaires, avec lesquels il a d'ailleurs d'autres ressemblances encore, la propriété de fournir des filets dorsaux et des filets ventraux.

RAMEAUX DORSAUX.

Les sélaciens, ainsi que l'anguille et le sygnathe, sont privés de tout rameau dorsal (STANNIUS) ; chez la plupart des poissons osseux, il en existe au moins trois, qui sont, d'avant en arrière : 1° le rameau operculaire ; 2° le surtemporal ; 3° le rameau

[1] Je rattache à ces derniers les rameaux qui, comme ceux du brochet, ne gagnent pas la région ventrale et restent confinés dans l'interstice (voy. p. 140).

que je nommerai, d'après sa destination, variable suivant les types, tantôt *branche de l'interstice supérieur* (cyprins), tantôt *premier rameau du canal latéral* (percoïdes etc.). On trouve des rameaux dorsaux au delà des trois premiers chez tous les poissons dont le canal latéral est situé plus haut que le grand interstice; les rameaux destinés à ce canal naissent tous en arrière de la ceinture scapulaire.

Je ne crois pas que les deux premiers rameaux dorsaux aient été décrits antérieurement à Büchner. C'est d'eux, si je ne me trompe, qu'il s'agit dans le passage suivant de son *Anatomie du barbeau*[1]: « Du bord supérieur du ganglion (du pneumo-gastrique) naissent : un filet qui se répand le long de la paroi interne dans le tissu graisseux de la cavité crânienne et deux autres filets pour les muscles des branchies : l'antérieur de ces derniers forme l'anastomose déjà décrite avec un filet de la branche operculaire du trijumeau. » Il est évident que le premier de ces filets n'est autre chose que la branche dorsale du vague; les deux autres, que Büchner n'a pas cru devoir rattacher spécialement au tronc latéral, sont l'operculaire et le surtemporal; il est complétement inexact qu'ils soient destinés aux muscles des branchies, mais, en revanche, il est bien avéré que le plus antérieur communique avec le trijumeau, et ce dernier fait présente une véritable importance.

Stannius, reprenant l'histoire de ces deux rameaux, établit qu'ils naissent du tronc latéral, dont ils sont des branches dorsales. A leur origine ils sont confondus, d'après lui, en une branche unique, qui se détache du tronc avant son passage sous la ceinture scapulaire. En réalité, ils sont tout au plus accolés, et cela sur une longueur souvent très-faible; on a vu que, chez le gardon, ils naissent au même point, mais divergent immédiatement après. De plus, je les ai toujours vus partir du tronc latéral dès sa naissance et aussitôt qu'il s'est dégagé du trou de l'occipital latéral, qu'il traverse accolé au ganglion du pneumo-gastrique proprement dit; il suffit d'enlever avec précaution l'occipital pour comprendre comment Büchner a pu avancer que les deux filets en question naissent du bord supérieur de ce ganglion, tout à côté de la branche intra-crânienne.

Du reste, on verra bientôt que le rameau dorsal suivant (rameau du canal latéral) naît très-peu en arrière de ce même point, qui possède évidemment à un haut degré la faculté d'émettre des branches nerveuses.

Stannius a trouvé les deux premiers rameaux dorsaux chez beaucoup de poissons (perca, lucioperca, cottus, trigla, caranx, scomber, trichiurus, labrus, ophicephalus, zoarces, cyclopterus, pleuronectes, rhombus, gadus merlangus, lota, raniceps, lepidoleprus, cyprinus, abramis, tinca, silurus, diodon). Ils existent aussi chez le

[1] *Loc. cit.*, p. 25.

brochet et chez l'orphie, bien que STANNIUS considère ces deux poissons, ainsi que la baudroie, comme privés du rameau operculaire. La raie possède tout au plus un équivalent du rameau surtemporal; en revanche, on ne trouve chez l'esturgeon que le rameau operculaire. Enfin, ils font défaut l'un et l'autre chez l'anguille et le syngnathe, ainsi que chez les sélaciens.

RAMEAU OPERCULAIRE.

Le rameau operculaire est particulièrement développé chez les cyprins, comme j'en ai donné une preuve en décrivant celui du gardon. Chez le cycloptère aussi son volume est remarquable.

J'ai indiqué déjà le trajet de ce rameau: dans sa première portion, qui est ascendante, il passe, chez la tanche, sous un petit pont osseux dépendant de l'os temporal, et traverse, dans la seconde portion, descendante, les muscles moteurs de l'opercule, sans leur donner de fibres, pour se porter ensuite, parallèlement à son bord libre, jusqu'à sa partie inférieure; après s'être ramifié à plusieurs reprises, il fournit de nombreux filets à la muqueuse de la face interne de l'opercule et, suivant STANNIUS, à ses follicules branchiaux[1]; les filets les plus forts sont tous dirigés en arrière ou en bas, et je n'ai pu voir les quelques ramifications antérieures que cet auteur dit avoir pu suivre jusqu'à la face interne du préopercule.

Chez les cyprinides (abramis, tinca, etc.), les silures et le cycloptère, ce nerf s'adjoint, pendant qu'il traverse les muscles operculaires, un filet nerveux important qui provient du trijumeau, et qui abandonne, en passant, quelques fibres à ces muscles; il est fourni par le rameau operculaire du facial. La réunion de ces deux nerfs a lieu quelquefois de bonne heure, et la partie demeurée libre de celui qui provient du vague est alors assez courte; chez le brochet, elle est en même temps beaucoup plus grêle que l'autre, et c'est sans doute pour cette raison que STANNIUS a écrit, à tort, que le rameau operculaire du tronc latéral manque à ce poisson; en revanche, il a vu, chez le diodon (plectognathe), le rameau operculaire être formé par la fusion complète de ces deux éléments : « le nerf mixte formé de la sorte, dit-il, donne une branche qui se distribue au revêtement cutané de la fente branchiale et à ses muscles constricteurs; une seconde branche, postérieure, contiguë à l'extrémité antérieure, se rend au revêtement cutané du couvercle branchial et à la portion postérieure

[1] Ce sont des glandes mucipares, qu'on trouve en grand nombre à la paroi postérieure de la cavité branchiale (voy. STANNIUS, *Anat. comp.*, II, 125, et MÜLLER, *Gefæss-System der Myxinoïden*, p. 48).

des muscles qui lui appartiennent[1].» Le rameau operculaire de l'esturgeon est formé, de même que celui des cyprinides, par la jonction de ces deux rameaux, avec cette différence que, chez ces derniers, l'operculaire du tronc latéral est beaucoup plus volumineux que le filet qu'il reçoit du vague.

Le nerf que SCHLEMM et d'ALTON considèrent comme le *tronc latéral de la lamproie*[2], présente tant par ses origines (il naît à la fois du trijumeau et du vague) que par ses rapports, une analogie très-prononcée avec le rameau operculaire des plectognathes et des cyprinides ; il en sera question dans les considérations sur l'ensemble du système latéral.

Chez les batraciens, après leur métamorphose ultime et la disparition du tronc latéral qui en est la conséquence, il subsiste un rameau semblable. Enfin, on le retrouve comme dernier vestige du système latéral chez les vertébrés supérieurs et chez l'homme, sous le nom de *rameau auriculaire d'Arnold* (rameau de la fosse jugulaire).

RAMEAU SURTEMPORAL.

Le second rameau dorsal se rend, non pas aux muscles des branchies, comme BÜCHNER l'avait admis, mais bien au tégument des régions surtemporale et sus-scapulaire. STANNIUS le regarde comme destiné spécialement à pénétrer dans les tubes qui prolongent jusque-là le canal latéral des flancs et le nomme, suivant que les tubes où il se termine sont situés dans l'une ou l'autre de ces régions, tantôt *rameau surtemporal*, tantôt *rameau sus-scapulaire*. Il est difficile de constater l'existence de ce dernier; c'est ainsi que chez le brochet, qui possède, il est vrai, deux filets surtemporaux, je n'ai pas réussi à trouver le filet sus-scapulaire décrit et figuré par STANNIUS[3]. Ce nerf n'est probablement autre chose que la troisième branche dorsale (rameau de l'interstice supérieur), qu'il n'a pas reconnu, faute de l'avoir suivi jusqu'à sa destination. Le gardon, ainsi que d'autres cyprinides (nase, brème), m'a présenté aussi deux rameaux surtemporaux, dont j'ai donné plus haut le trajet et les rapports (p. 137).

Le rôle du rameau surtemporal consiste avant tout à fournir des nerfs aux tubes ramifiés de la partie postérieure de la tête; il continue sous ce rapport la série des

[1] « *Der so entstandene gemischte Nerv vertheilt sich mit einem Zweige an der häutigen Bedeckung der Kiemenspalte und an dem sie umschnürenden Muskel; der zweite hintere Zweig tritt hart an der Grenze der Vorderextremität an die häutigen inneren Bekleidungen der Kiemenhöhlendecke und an den hinteren Theil der ihr angehörigen Muskulatur* » (*Das peripherische Nervensyst.*, p. 17).

[2] *Müller's Archiv f. Phys. und Anat.*, 1838, p. 270.

[3] *Das peripher. Nervensyst.*, p. 97.

nerfs envoyée par le trijumeau[1] à la partie antérieure de cet appareil, et se trouve remplacé lui-même en arrière par les branches du tronc latéral qui se rendent au tube simple de la ligne latérale. Mais, dans les poissons où les canaux de la région temporale sont peu développés, comme chez la perche, ce nerf se distribue, surtout à la peau, jusqu'au sommet de cette région.

Je crois devoir rapprocher du nerf surtemporal des poissons osseux le rameau nerveux qu'on rencontre chez les raies et qui, parti du nerf vague pendant qu'il traverse un canal du crâne, se rend sous l'origine du canal latéral et lui donne des filets ainsi qu'à la glande qui recouvre les sacs branchiaux; il n'a du reste aucun rapport avec eux, ce qui ne permet pas de le regarder comme représentant le nerf operculaire.

Le nerf que Stannius appelle *rameau sus-scapulaire* m'a échappé, ainsi que je viens de le dire. Cet auteur ne paraît pas admettre qu'il puisse exister en même temps que le rameau surtemporal; les seuls poissons dans lesquels il dit l'avoir observé sont le trichiure, le brochet, l'orphie, chez lesquels il se rend aux tubes de la région sus-scapulaire; le silure, dont il contourne l'os sus-scapulaire pour gagner la région dorsale; la baudroie et le diodon, où, en l'absence d'ailleurs de tout tube muqueux, il se ramifie sous la peau, dans le voisinage de l'épaule[2].

Quoi qu'il en soit, nous placerons ici, et non à la suite de l'histoire du rameau de l'interstice supérieur, le rapprochement que cet anatomiste établit entre le nerf sus-scapulaire et celui qui, chez la plupart des batraciens, se distribue à la peau de la nuque et de l'épaule[3]. Les vertébrés des classes supérieures n'offrent plus de traces de ce rameau.

TROISIÈME RAMEAU DORSAL : RAMEAU DE L'INTERSTICE SUPÉRIEUR (CYPRINIDES), PREMIER RAMEAU DU CANAL LATÉRAL (PERCOÏDES ETC).

Le troisième rameau dorsal a reçu des auteurs, d'après sa destination, tantôt le nom de *rameau de l'arête du dos* (*Rückenkantenast*), tantôt celui de *branche superficielle du canal latéral.* Il est ordinairement regardé, mais à tort, comme une sorte

[1] Rameau frontal et rameau buccal.

[2] L'os sus-scapulaire des poissons osseux est, comme le temporal, un os à canal muqueux; il reçoit donc un nerf. Mais chez le brochet, c'est le rameau de l'interstice supérieur qui le lui fournit au commencement de son trajet ascendant (voy. p. 140).

[3] Chez la salamandre, le triton et le crapaud, ce nerf se rend, par une exception remarquable, à la glande cutanée faussement nommée *parotide*.

de tronc secondaire, congénère du nerf latéral du grand interstice et formé ainsi que lui par la division du tronc latéral en deux branches terminales à la limite postérieure de la cavité branchiale.

A la dénomination de *rameau de la crête du dos*, je substituerai celle de *rameau de l'interstice supérieur;* quant à la *branche superficielle du canal latéral,* elle sera pour nous, conformément à la réalité, le *premier rameau du canal latéral.*

L'existence de ce nerf important avait été reconnue par CUVIER; il fit remarquer que dans beaucoup de poissons, notamment dans la perche, le tronc latéral donne un filet superficiel qui suit le commencement de la ligne latérale[1].

DESMOULINS indiqua de son côté l'existence de ce rameau dorsal chez quelques poissons (gades, vives, trigles), mais il en donna une idée tout à fait erronée. Voici, en effet, comment il s'exprime en parlant du nerf latéral: « Suivant les genres, ce nerf est simple ou double, c'est-à-dire séparé dès son origine en deux branches à peu près égales, lesquelles, dans leur trajet, sont, ou toutes deux superficielles ou sous-cutanées, comme dans les gades, ou bien l'une sous-cutanée[2], l'autre profonde et intermusculaire[3], comme dans les vives, les trigles[4]. »

On a peine à comprendre que STANNIUS, qui faisait fort peu de cas de l'ouvrage de DESMOULINS, ait pu subir son influence au point d'adopter ce mode de description; cela est d'autant plus étonnant qu'il avait déjà observé à plusieurs reprises l'existence des rameaux du canal latéral qui font suite au premier et lui sont analogues; ces derniers sont pour lui des rameaux communiquants étendus d'un tronc à l'autre. Dans son ouvrage, les poissons se trouvent partagés en deux classes au point de vue de la disposition de leur tronc latéral. Dans un très-petit nombre de types, dit-il, il y a *un tronc principal simple;* dans l'immense majorité des poissons, au contraire, il existe *deux troncs principaux parallèles.*

On se figurerait difficilement combien cette nomenclature vicieuse jette d'obscurité et de confusion sur la partie du travail de STANNIUS qui concerne le système latéral du nerf vague. Aussi, dans le but de faciliter les recherches relatives à cette question, m'attacherai-je à donner, sous une forme plus intelligible, les faits qu'il m'a été possible de réunir au sujet de l'existence de la troisième branche dorsale:

[1] *Hist. nat. des poiss.*, p. 327.

[2] Le rameau dorsal.

[3] Le tronc latéral.

[4] Pour s'expliquer cette singulière manière de voir, il faut se rappeler que DESMOULINS avait accordé une attention spéciale au système latéral de la lotte; chez ce poisson, le tronc latéral et son rameau dorsal peuvent passer pour des éléments nerveux de même valeur; ils sont tous deux superficiels et offrent souvent le même volume (*Anat. du syst. nerv. des anim. à vertèb.*, p. 447).

1) Poissons qui n'ont ni branches du canal latéral, ni branches de l'interstice supérieur :

Apodes (*Anguilla*, *murænophis*, *gymnote*).
Lophobranches (*Syngnathe*).
Sélaciens (*Spinax*, *carcharias*).
Dipnoï (*Lepidosiren*, d'ap. Hyrtl).
Loricariens (*Hypostomum*, *loricaria cataphracta*, *callichthys*).
Discoboles (*Cyclopterus*).
Plectognathes (*Tetrodon*, *diodon*, *aluteres*, *ostracion*).
Ganoïdes (*Accipenser*).

2) Poissons qui possèdent des branches du canal latéral :

Percoïdes (*Perca*, *lucioperca*, *labrax*, *acerina*, *trachinus*, *upeneus waigensis*).
Joues cuirassées (*Cottus*, *trigla*, *sebastes*).
Sciénoïdes (*Hæmulon*).
Sparoïdes (*Pagel*, *sparus brama*).
Squammipennes (*Holacanthus*).
Scombéroïdes (*Scomber*, *caranx trachurus*, *caranx carangus*).
Tænioïdes (*Trichiurus*).
Pharyngiens labyrinthiformes (*Ophicephalus*).
Mugiloïdes (*Mugil capito*).
Gobioïdes (*Zoarces*, *anarrhichas*, *callionymus*).
Pectorales pediculées (*Lophius*).
Labroïdes (*Labrus*, *scarus*).
Gadoïdes (*Gadus*, *merlangus*, *phycis*, *brosmius*, *raniceps*, *lepidoleprus*, *lota*, *motella*).
Pleuronectes (*Pleuronectes*, *rhombus*).

3) Poissons pourvus d'un rameau de l'interstice supérieur :

Cyprinoïdes (*Cyprinus*, *barbus*, *abramis*, *leuciscus*, *gobio*, *tinca*, *cobitis*).
Sombrésoces (*Belone*, *hemiramphus*, *exocetus*).
Esoces (*Esox lucius*).
Clupéides (*Clupea*, *alosa*, *engraulis*, *butirinus*).
Ammodytes (?)
Ganoïdes (*Polypterus*).

Tous les poissons de la première et de la troisième catégorie possèdent des rameaux ventraux, tantôt courts et contenus en totalité dans l'interstice, tantôt longs et descendant plus ou moins bas au-dessous de lui. Ces rameaux n'existent pas dans les poissons de la seconde classe ; le muge capiton fait seul exception.

RAMEAU DE L'INTERSTICE SUPÉRIEUR.

DESMOULINS ne fait pas mention de ce nerf[1]. CUVIER, le premier, l'a entrevu chez la carpe; mais il semble l'avoir confondu avec le nerf latéral du trijumeau. En effet, après avoir décrit le rameau nerveux qui naît, vers le haut du crâne, de la réunion de deux branches, fournies, l'une par le trijumeau, l'autre par le vague, et « règne tout le long du dos, aux côtés des nageoires dorsales, recevant des filets de tous les intercostaux[2] et en donnant aux muscles et aux rayons de ces nageoires, » il se contente d'ajouter, dans une note[3]: « *celui de la carpe ne vient que de la huitième paire, et non de la cinquième;* celui du silure, au contraire, ne vient que de la cinquième; mais dans la morue, dans la perche etc., il vient des deux paires à la fois. » On croirait, à s'en rapporter à ce passage de CUVIER, qu'il existe une analogie complète de rapports et de connexions entre tous les rameaux dorsaux des poissons qu'il énumère, la différence consistant tout au plus dans l'absence de l'une ou de l'autre des deux branches d'origine.

De son côté, BÜCHNER décrit très-brièvement ce nerf chez le barbeau[4]. « Aussitôt après son origine, dit-il, le nerf latéral donne un filet qui monte vers la crête du dos, et qu'on peut suivre sous la peau pendant un assez long trajet. »

C'est à STANNIUS[5] qu'il faut recourir encore pour obtenir des détails nombreux et précis sur la question qui nous occupe.

Cet auteur a constaté l'existence du rameau de l'interstice supérieur, auquel il donne le nom de *Rückenkantenast*: 1° chez les cyprinides (carpe, carassin, barbeau, tanche, brème, loche — on le trouve aussi chez le gardon, la chevaine, le goujon, l'ablette et le nase); 2° chez les clupéides (hareng, alose commune, alose finte, butirin renard); 3° chez le polyptère bichir, où MÜLLER l'a signalé de son côté. A ces poissons il faut ajouter: 4° le brochet, contrairement à l'assertion de STANNIUS; 5° l'orphie, chez laquelle on observe un rameau dorsal remarquable à la fois par son volume et par sa longueur.

[1] DESMOULINS affirme, tout au contraire, que chez les cyprins, les brochets, les orphies, le tronc latéral est unique et ne se sépare pas à son origine en deux branches (*Anat. du syst. nerv. des anim. à vertéb*, p. 447).

[2] *Hist. nat. des poiss.*, t. I, p. 325. Ces filets de communication entre les intercostaux et le rameau latéral du trijumeau ne peuvent être autre chose que les branches dorsales des paires spinales; or ces dernières ne naissent pas des intercostaux (branches ventrales) comme semble l'admettre CUVIER.

[3] *Hist. nat. des poiss*, vol. I, p. 326, note.

[4] *Anat. du syst. nerv. du barbeau*, p. 26.

[5] *Das peripher. Nervensyst.*, p. 107.

Ce rameau dorsal naît, chez tous les poissons où nous l'avons examiné, à peu près au point où, dans les autres types, le premier rameau du canal latéral prend sa source, c'est-à-dire à peu de distance de l'origine même du tronc latéral; sous ce rapport, il offre avec le premier rameau une analogie évidente; comme lui, il peut rester accolé au tronc latéral pendant la plus grande partie de son trajet sous la muqueuse de la cavité respiratoire, et ne le quitter, pour devenir sous-cutané, qu'au moment où le tronc change de direction et plonge dans la masse musculaire (brochet, cyprins); ou bien s'en séparer presque immédiatement sous un angle plus ou moins grand (orphie). Dès qu'il a atteint le bord postérieur de la ceinture scapulaire, il se dirige vers le haut, en décrivant une courbe régulière, pour venir se placer à la hauteur de l'interstice musculaire supérieur. Comme il n'atteint cet interstice qu'à une certaine distance de la tête, il envoie, pour innerver l'espace intermédiaire, un ou deux filets ascendants (carassin, tanche, nase, gardon); quelquefois, chez le barbeau par exemple, ce rôle est rempli par un filet horizontal parti du point le plus élevé de la convexité du rameau, et qui, après un court trajet d'arrière en avant, vient, après s'être ramifié à plusieurs reprises, se terminer à la région sus-scapulaire (pl. I, fig. 6).

Une fois placé au niveau de l'interstice, ce rameau se dirige d'avant en arrière, côtoyant la ligne du dos, sans cesser d'être sous-cutané, même lorsqu'il passe sur les côtés de la nageoire dorsale; il est situé alors entre les muscles moteurs de cette nageoire et la peau, et non, comme le rameau latéral du trijumeau, entre ces derniers muscles et la masse musculaire latérale supérieure. Il fournit pendant tout son trajet des filets ascendants destinés à la peau du dos ou à celle qui revêt la nageoire et des filets descendants, qui, de concert avec les filets dorsaux des nerfs intermédiaires, forment des plexus nerveux très-fins, destinés au tégument de la moitié supérieure du tronc; mais il est destiné particulièrement à la nageoire dorsale, et ce qui le prouve, c'est qu'il s'y épuise complétement, de sorte qu'il est difficile de le suivre au delà. Si, chez l'orphie, le parcours de ce rameau s'étend à presque toute la longueur du corps, cela tient tout simplement à ce que cette nageoire occupe une position aussi reculée que possible. — Je n'ai jamais vu ce nerf fournir de branches musculaires, ni recevoir de filets anastomotiques du système spinal.

Le rameau de l'interstice supérieur ne s'anastomose pas avec les nerfs spinaux dorsaux ; il est donc facile de le distinguer du nerf latéral du trijumeau. D'autre part, comme il s'étend le long d'un interstice musculaire éloigné du canal latéral, on ne saurait davantage le confondre avec le premier rameau de ce canal (p. 167) ; d'ailleurs il paraît ne recevoir jamais du tronc latéral, ainsi que ce dernier, des filets destinés à le prolonger en arrière.

Il nous reste à rechercher si l'existence du rameau dorsal du vague ne serait pas liée à certaines particularités du système nerveux des poissons. Et pour répondre à la question qui se présente tout d'abord, ce nerf ne serait-il pas destiné à tenir lieu de la branche latérale du trijumeau dans les circonstances où celle-ci fait défaut?

STANNIUS avait reconnu déjà que, ces nerfs étant absents l'un et l'autre chez un certain nombre de poissons, tels que les trigles, la baudroie, le maquereau et les caranx, les salmonides[1], l'esturgeon et les sélaciens, rien n'autorise à dire que, dans les cas où le rameau latéral du trijumeau était absent, il se trouvait nécessairement remplacé par la branche dorsale du tronc latéral. Mais la réciproque n'était-elle pas vraie, et la présence de l'un des rameaux n'excluait-elle pas toute possibilité de l'existence de l'autre, comme cela devait avoir lieu, si réellement ils se remplaçaient entre eux? Sur ce dernier point, STANNIUS semble convaincu ; pour lui, les deux rameaux ne sauraient exister simultanément[2]. J'en étais très-persuadé moi-même quand je les ai rencontrés, très-développés l'un et l'autre, chez la loche d'étang (*cobitis fossilis*), qui présente à cet égard une disposition des plus remarquables. La disposition du système latéral du vague rattache ce poisson aux cyprinides, tandis que le système latéral du trijumeau reproduit chez lui les dispositions qu'on observe dans l'anguille et la lotte[3]. Pour se faire une idée du trajet du rameau de l'interstice supérieur, il suffira donc de se reporter à ce que j'ai dit de celui du gardon[4]. Ce rameau, parti de plus bas que celui du trijumeau, le croise en passant sous lui au niveau de la région sus-scapulaire et, désormais situé plus haut, vient se placer, comme cela a lieu d'ailleurs chez tous les cyprins, entre la peau et le muscle grêle supérieur; seulement, au lieu de suivre le bord externe de ce muscle, qui est très-large chez la loche d'étang, il en occupe la partie moyenne et se trouve, par conséquent, légèrement reporté en dedans. Quant à la branche dorsale du trijumeau, elle suit ce même bord externe, recevant en dedans, à des intervalles réguliers, des filets de communication des nerfs spinaux qui viennent s'y jeter après avoir cheminé dans

[1] Je supprime le brochet, que STANNIUS place ici mal à propos.

[2] *Die Abgabe dieses Rückenkantenastes scheint*, *als Bedingung*, *den Mangel des gleichnamigen Astes vom N. trigeminus*, *also eines eigentlichen dorsalen Ramus lateralis nervi trigemini*, *vorauszusetzen* (*Das peripherische Nervensyst. etc.*, p. 107). L'affirmation est plus formelle encore dans le *Manuel d'anatomie comparée* du même auteur. Souvent, dit-il, ce nerf (le tronc latéral) fournit des branches volumineuses qui, dans les cyprinus et clupea, se rendent au dos et *remplacent le tronc latéral du nerf trijumeau* (*loc. cit.*, p. 76, note 54).

[3] Je ferai remarquer, en passant, qu'il est curieux de rencontrer, sous ce rapport, tant d'analogie entre trois poissons qui, bien qu'appartenant à des types différents, ont cependant cela de commun qu'ils sont anguilliformes.

[4] Voy. p. 137.

l'interstice musculaire supérieur et émettant en dehors un certain nombre de filets descendants, analogues à ceux de la lotte et destinés à la peau de la moitié supérieure du tronc.

On voit qu'il n'est pas possible d'admettre que la destination essentielle du rameau dorsal du tronc latéral du vague soit de tenir lieu de celui du trijumeau dans certains types de poissons. Il est bien plus naturel de considérer ce rameau comme l'unique représentant, chez les cyprins, des branches dorsales des percoïdes ; chez les premiers, les branches ventrales, en raison de leur grand nombre, détournent à leur profit toutes les fibres nerveuses du tronc latéral à partir du moment où il a franchi la ceinture scapulaire ; de là l'impuissance où se trouve ce tronc de fournir des branches dorsales au delà de ce point. Ici, faute de destination spéciale, le troisième rameau dorsal se distribue simplement à la peau ; aucun rameau analogue ne venant le renforcer, il s'épuise à peu près totalement dans le tégument de la nageoire dorsale, à la sensibilité de laquelle il préside.

PREMIER RAMEAU DU CANAL LATÉRAL.

Le premier rameau du canal latéral rappelle, à beaucoup d'égards, celui de l'interstice supérieur ; distinct comme lui, du tronc latéral à une faible distance de son origine, tantôt il s'en sépare immédiatement, tantôt y reste accolé jusqu'au moment de passer sous la ceinture scapulaire; mais, qu'il se comporte d'une façon ou de l'autre, il ne s'éloigne notablement du tronc qu'au moment où ce dernier s'enfonce dans l'épaisseur du muscle latéral, tandis que, devenu superficiel, il se porte, de son côté, en s'élevant plus ou moins rapidement, au-dessous du canal latéral, qu'il n'atteint généralement qu'assez loin en arrière du scapulum ; dans ce trajet, il fournit des filets ascendants nombreux et devient de plus en plus grêle, jusqu'au moment où il est rejoint par la branche suivante, dont la portion horizontale se substitue à lui en venant se placer sur son prolongement.

Les premiers filets de ce rameau sont recouverts par la ceinture scapulaire, dont le bord postérieur abrite aussi la branche descendante du nerf latéral du trijumeau. Il leur arrive assez souvent de contracter des anastomoses avec cette branche ; cette tendance est du moins manifeste chez la perche et surtout chez la lotte.

Les deux filets sous-scapulaires de la perche ont été décrits déjà ; il suffit de rappeler ici que j'ai constaté fréquemment l'anastomose du premier filet, toujours celle du second, avec le trijumeau. Ce fait présente un certain intérêt, et il faut le rapprocher de celui que présente la lotte. Chez cette dernière, la branche dorsale et la branche descendante du trijumeau forment une sorte de plexus, en s'envoyant

mutuellement des filets nerveux; j'ai vu, dans la plupart des cas, un ou deux filets du premier rameau du canal participer à cette disposition; j'ai représenté, pl. IV, fig. 1, l'un de ces filets, remarquable par son trajet étendu, qui fait communiquer ensemble la branche dorsale du trijumeau et le premier nerf du canal.

Les filets que fournit le premier rameau en arrière de la ceinture scapulaire sont destinés aux écailles du canal latéral; ils vont en diminuant de longueur à mesure que le tronc s'élève; quelquefois ils se bifurquent avant d'arriver à destination.

Il a été question déjà[1] de la branche nerveuse qui paraît représenter chez le muge capiton le premier rameau du canal latéral des percoïdes. Elle se détache de la partie la plus antérieure du tronc latéral au même point que la première branche ventrale, et se sépare bientôt de cette dernière pour venir se placer sous la peau de la région dorsale du corps, qu'elle parcourt suivant une direction d'abord obliquement ascendante, puis directement antéro-postérieure. Dans son trajet, elle ne s'élève pas au-dessus de la ligne moyenne de cette région et reste, par conséquent, assez éloignée de l'interstice supérieur. Cette branche ne dépasse pas la moitié antérieure du tronc; quelquefois son extrémité, devenue très-grêle, redevient descendante et peut être suivie jusqu'à une petite distance du grand interstice. Elle émet de distance en distance des filets qui viennent se terminer dans les écailles formant les rangées situées au-dessus d'elle et dont chacune est traversée par un petit canal[2]. Le mode de terminaison de ce nerf démontre suffisamment qu'il doit être rapproché des rameaux du canal latéral; l'impossibilité où l'on est de reconnaître un véritable appareil de ce genre sur les flancs du muge capiton ne permet pas d'ailleurs de déterminer sa nature d'une façon plus précise.

SECOND RAMEAU DU CANAL LATÉRAL.

Le second rameau du canal latéral est ordinairement séparé du premier par un intervalle plus considérable qu'aucun de ceux qui existent entre deux rameaux consécutifs de cette série.

Chez la lotte et la perche, cet intervalle est de dix à douze cloisons intermusculaires[3]; il est moindre dans les vives (4 à 5), et chez le trigle, par une exception sin-

[1] Voy. p. 158.

[2] Ce canalicule existe dans toutes les écailles du muge capiton (voy. p. 178).

[3] Sur 10 perches je l'ai trouvé situé:

1 fois entre la 9e et la 10e cloison musculaire.
4 fois entre la 10e et la 11e »
4 fois entre la 11e et la 12e »
1 fois entre la 12e et la 13e »

gulière, tout à fait nul (pl. IV, fig. 4); en effet, le premier et le second rameau de ce poisson naissent presque au même point, très en avant de la ceinture scapulaire; le premier, au moment où il en atteint le bord antérieur, devient ascendant, et il est situé, pendant qu'il passe sous elle, à peu près au niveau de la ligne latérale; le second, au contraire, est horizontal pendant ce trajet; il reste donc placé au niveau du grand interstice musculaire jusqu'au moment où, ayant atteint le bord postérieur de la ceinture, il s'élève à son tour pour rejoindre l'extrémité du premier rameau et se prolonger en arrière avec lui jusqu'à la onzième ou la douzième cloison intermusculaire. Peut-être ne faut-il pas admettre ici l'existence de deux rameaux véritables, et le premier rameau ne fait-il que se séparer en deux faisceaux qui se rejoignent bientôt, cette supposition est d'autant plus naturelle que le troisième rameau naît ici au point où se trouve habituellement le second dans la plupart des types.

J'ai vu plusieurs fois le second rameau de la vive (*trachinus*) se distinguer par sa grande longueur; dans ce cas, il décrivait une anse au-dessous du bord de l'interstice avant de gagner la région dorsale.

La lotte (pl. IV, fig. 1) ne possède le plus souvent que deux rameaux du canal latéral et il n'est pas rare de trouver le second plus développé que le premier; dans ce cas, il est plus rapproché de la ceinture scapulaire que d'ordinaire. DESMOULINS avait vu ce second rameau, mais sans en soupçonner la nature.

De son côté, STANNIUS a décrit ce nerf chez les upeneus waigensis (percoïdes), pleuronectes platessa, caranx carangus, gadus callarias et gadus œglefinus.

Le second rameau se termine, comme le premier, en s'étendant d'avant en arrière au-dessous du canal latéral et en lui fournissant des éléments nerveux.

DERNIERS RAMEAUX DU CANAL LATÉRAL.

Les branches du canal latéral qui font suite au second rameau ont échappé à tous les anatomistes jusqu'à une époque très récente; tout au plus la troisième a-t-elle été représentée par STANNIUS dans la figure qu'il donne du système nerveux de la morue[1]. M. le professeur BAUDELOT, le premier, a fait voir qu'il existe une série de branches semblables chez la perche; il a démontré, à ce propos, que l'opinion généralement admise relativement à la constitution du prétendu rameau superficiel du canal latéral est fort inexacte: « Le tronc superficiel, dit-il, n'est point un cordon simple, qui s'étendrait d'une manière uniforme jusqu'à l'extrémité du corps; ce tronc

[1] *Das peripher. Nervensyst.*, pl. III, fig. 2, R. c. (*ramus communicans.*)

résulte évidemment de l'union de plusieurs branches secondaires, qui naissent de distance en distance de la branche profonde et se renforcent, de manière à former un nerf continu. Cette disposition permet de se rendre compte des anastomoses transversales qui existent entre les principales divisions du nerf latéral chez les gades et chez d'autres poissons[1].»

Cette observation présente un intérêt manifeste: il est d'autant plus grand que Stannius[2] compte expressément la perche au nombre des poissons chez lesquels il n'existe *aucune* branche accessoire du rameau superficiel du canal; il en serait de même, d'après lui, chez les lucioperca, acerina, trachinus, cottus, zoarces, labrus, ophicephalus, pleuronectes, ammodytes. J'ai pu constater qu'il faut rayer de cette liste acerina, trachinus, lucioperca, cottus, labrus et pleuronectes[3]; on trouve une série de branches analogues chez le bar (*labrax lupus*) et le grondin (*trigla gurnardus*); la disposition des deux premiers rameaux dans ce dernier type vient d'être décrite; ceux qui suivent offrent un trajet presque rectiligne et font avec eux un contraste frappant par leur régularité.

On découvrira, très-probablement, une disposition analogue chez la plupart des poissons dont le canal latéral est situé au-dessus de l'interstice. Dans certains types, où le canal est placé au-dessous de lui, les rameaux ventraux présentent quelquefois un arrangement semblable (orphie).

Le *troisième*, le *quatrième* et le *cinquième rameau* sont à peu près équidistants entre eux; ils ne diffèrent pas sensiblement de volume et de longueur.

Les rameaux émis plus en arrière encore sont grêles et courts; les intervalles qui les séparent sont de plus en plus petits. Enfin, le dernier d'entre eux se termine en se jetant dans le tronc latéral au moment où il devient superficiel, à peu de distance de la nageoire caudale.

Je n'ai pas à revenir sur le mode d'union des rameaux du canal: j'ai dit, en décrivant ceux de la perche, qu'ils présentent souvent une tendance remarquable à se ramifier avant de se réunir, de façon à se mettre en communication par plusieurs filets à la fois.

De la réunion plus ou moins parfaite de toutes les portions antéro-postérieures des rameaux dorsaux, résulte un nerf qui, placé un peu plus bas que le canal, l'ac-

[1] *Recherches d'anat. comp.*, p. 30, note.

[2] *Das peripher. Nervensyst.*, p. 103.

[3] Chez la plie, les branches de renforcement sont extrêmement fines. En revanche, elles sont relativemen ortes chez la grémille (*acerina cernua*) et se succèdent avec une parfaite régularité. Même observation relativement au chabot (*cottus fluviatilis*) et à la vive (*trachinus*), à la réserve du deuxième rameau chez cette dernière (p. 169).

compagne dans toute sa longueur, en lui envoyant sans cesse des filets nerveux très-courts. Ce nerf composé, si je puis m'exprimer ainsi, n'est autre chose que la *branche superficielle du canal latéral* de Stannius. Sa direction est, à peu près, celle du canal lui-même. L'examen du trajet de ce dernier peut donc fournir un certain nombre de données relativement à la disposition du rameau qui l'accompagne. Comme ce trajet présente des particularités intéressantes, je me propose de m'y arrêter un instant.

Le canal latéral est presque rectiligne chez un certain nombre de joues-cuirassées (*trigla*, *cottus*) et quelques percoïdes (*trachinus*), mais dans l'immense majorité des cas il décrit, au-dessus de l'interstice et à partir du point où il quitte la région sur-temporale, une ligne courbe régulière, à concavité inférieure plus ou moins prononcée et venant se terminer au voisinage de la région caudale. Dans quelques familles (scombéroïdes, gadoïdes), il offre sur ce trajet une série d'ondulations ou d'arcades, à chacune desquelles correspond, ainsi qu'on le constate chez le maquereau, une arcade nerveuse formée par les rameaux dorsaux du tronc latéral. Chez la lotte, ces ondulations du canal se réduisent à deux : elles sont très-allongées et suivent exactement le trajet des deux rameaux nerveux dorsaux figurés pl. IV fig. 1[1]. Dans d'autres types[2], il n'existe plus qu'une seule arcade, qui occupe la moitié antérieure du tronc et en arrière de laquelle le canal, placé désormais au niveau de l'interstice, redevient rectiligne. Chez certains labroïdes[3], ce changement de situation a lieu sans transition ; le canal, d'abord situé supérieurement, s'interrompt brusquement pour venir se placer plusieurs rangées d'écailles plus bas, au niveau de l'interstice, et continuer son parcours dans cette nouvelle situation. Ces transpositions du canal latéral s'observent fréquemment à l'état d'anomalies; j'en ai figuré (pl. I, fig. 3) un exemple que m'a fourni le gardon.

Il serait intéressant de rechercher dans les labroïdes dont il vient d'être question si, le rameau du canal latéral s'arrêtant en chemin comme cela est probable, la partie postérieure du canal ne recevrait pas directement ses filets du tronc latéral.

[1] Si l'on s'en rapporte à la figure qui en est donnée dans le *Règne animal* de Cuvier (pl. 54, fig. 3), le canal latéral formerait, chez la liche amie (scombéroïdes), deux arcades, l'une antérieure et à concavité inférieure, l'autre, au contraire, à concavité supérieure et probablement située au-dessous de l'interstice Peut-être trouverait-on dans la moitié antérieure du système la disposition des percoïdes, tandis que la moitié postérieure offrirait celle des cyprins.

[2] Argyreiosus vomer, caranx trachurus, caranx carangus, lampris guttatus etc.

[3] Ce sont entre autres :

Parmi les labroïdes: Epibulus insidiator, xyrichthys novacula, cichla saxatilis, calliodon rubiginosus.

Parmi les pharyngiens labyrinthiformes: Polyacanthus hasselti, spirobranchus capensis.

RAMEAUX VENTRAUX.

Les rameaux que je considère comme représentant, par opposition aux précédents, les branches ventrales du nerf latéral, sont tout à la fois plus nombreux et plus grêles que ces derniers. Ils figurent dans les descriptions sous le nom de *filets émis par le nerf latéral pendant son trajet dans l'interstice* et sont regardés par beaucoup d'auteurs comme constituant les seuls véritables rameaux de ce nerf à l'exclusion des rameaux dorsaux, qu'ils ont décrits sous d'autres noms et dont l'existence en arrière de la ceinture scapulaire est d'ailleurs de découverte récente. Voici les détails que les traités spéciaux me fournissent à ce sujet:

Desmoulins n'hésite pas à nier l'existence de ces rameaux[1]: «Dans tous les cas, dit-il, le nerf latéral s'étend le long des flancs jusqu'à la queue, *sans donner de filets, mais en décroissant toutefois de volume, au delà du milieu de sa longueur;*» et il ajoute: «On dit qu'il s'épanouit en rayonnant sur chaque face de la nageoire caudale; je n'ai pu le constater nulle part; *l'extrême petitesse de ce nerf m'en fait douter.*» Je ne cite ces dernières lignes que pour faire ressortir l'extrême singularité de l'assertion de Desmoulins. Comment admettre, en effet, qu'un nerf puisse diminuer de volume *jusqu'à devenir imperceptible*, sans fournir cependant aucune branche, ni latérale ni terminale?

Weber ne dit rien de l'existence de ces rameaux; en donnant la figure du tronc latéral de la carpe[2], il représente, à la vérité, une série de filets très-irrégulièrement disposés de part et d'autre, mais dus, suivant toute apparence, à un caprice du dessinateur.

Des rameaux de ce genre sont mentionnés par Cuvier[3]; mais il dit les avoir vus chez la perche, où personne depuis lors n'a pu les retrouver. Suivant lui, le nerf latéral donnerait des filets à la peau, au travers de tous les intervalles des couches musculaires. On se rappelle que cette erreur doit être attribuée à une connaissance insuffisante des rapports intimes du tronc latéral et des nerfs intermédiaires; Cuvier avait cru voir ces derniers aboutir au tronc latéral, et s'y jeter en totalité; il était donc naturel qu'il se figurât qu'on ne les retrouve pas au delà; c'est par cette raison qu'il a dû rapporter au tronc lui-même les deux filets de bifurcation qui appartiennent en réalité aux nerfs intermédiaires.

[1] *Anat. des syst. nerv. des anim. vertéb.*, p. 447.
[2] *Müller's Archiv f. Anat. und Phys.*, 1827 (*Ueber vier Längennerven etc.* pl. IV, fig. 24).
[3] *Hist. nat. des poiss.*, t. I, p. 327.

Enfin Büchner décrit, pour la première fois, les branches ventrales; il me paraît s'être proposé particulièrement de répondre à Desmoulins: « Le nerf latéral (je cite ses expressions) donne, pendant son trajet, des filets de la manière la plus apparente. Je crois qu'ils sont tous destinés à la peau; du moins, ai-je poursuivi jusque-là les plus considérables. Ceux-ci étaient si prononcés, tant sur la carpe que sur le barbeau, que je ne conçois pas comment on n'ait pas pu les apercevoir, pour peu que la préparation ait été faite avec soin; cependant la diminution du nerf n'est pas en proportion des filets qu'il donne[1]. »

Stannius, de son côté, affirme que chez les cyprinides, des rameaux ventraux très-fins partent du tronc situé et comme enseveli entre les deux masses latérales et se rendent, sans former de tronc longitudinal propre, aux écailles du canal latéral situé un peu plus bas.

Les véritables rameaux ventraux ne se rencontrent que chez les cyprinides et les scombrésoces; au sortir de l'interstice, ils gagnent la région abdominale pour aller s'y terminer dans le canal latéral. Il existe, chez quelques poissons, des rameaux dont la direction est semblable, mais qui n'ont aucune relation avec ce canal. — Au contraire, les rameaux ventraux des ésoces et des salmones ne paraissent pas, au premier abord, pouvoir prendre ce nom; en effet, comme le canal latéral suit, dans ces types, le bord même de l'interstice, les filets du tronc latéral peuvent, sans se porter à la région abdominale, parvenir à leur destination; mais ces rameaux n'en sont pas moins analogues aux précédents; cela résulte de considérations qui seront développées plus loin. On peut placer à côté de ces derniers rameaux les filets que le tronc latéral fournit pendant son trajet intermusculaire chez les poissons à système latéral réduit (plectognathes, sélaciens etc.). — J'exposerai successivement les faits relatifs à ces deux variétés de rameaux.

1° Dans la famille des cyprinides, la disposition des rameaux ventraux semble varier assez peu: leur examen chez le gardon, le nase, la brême, la tanche, le barbeau ne m'a pas présenté de différences essentielles. Ils ont été décrits chez le gardon (voy. p. 138); leur longueur est d'autant plus grande qu'ils se rendent à des portions du canal plus éloignées de l'interstice; c'est donc vers la partie moyenne du corps qu'elle atteint son maximum; aux deux extrémités du canal, au contraire, ils sont beaucoup plus courts, et quand ce dernier est sur le point de rejoindre l'interstice, ils sont contenus presque en totalité dans son intérieur, ainsi que cela a lieu chez le brochet pour tous

[1] Büchner exprime cette dernière opinion pour rendre plus probable l'existence des anastomoses des nerfs spinaux avec le tronc latéral; on sait qu'il avait cru les voir, et c'est sous l'empire de cette préoccupation qu'il écrit; en effet, si la diminution du tronc n'était pas en rapport avec le nombre des filets émis par lui, cela devait tenir, sans doute, à ce qu'il était renforcé en chemin par des anastomoses.

les rameaux. Je dois dire, à ce propos, que je n'ai vu chez aucun cyprinide la ligne latérale coïncider dans toute sa longueur avec l'interstice et encore bien moins être située plus haut que lui. Chez la carpe, le goujon et la loche, l'intervalle qui les sépare est peu considérable, mais cependant l'interstice est de quelques millimètres plus haut que la ligne latérale.

Les rameaux ventraux des cyprinides ont une tendance remarquable à se réunir entre eux; le gardon nous a fourni un exemple bien caractérisé de ce fait, qui est bien manifeste aussi dans le nase, où l'on voit, de plus, chacun de ces rameaux se partager très-régulièrement en deux filets terminaux, dont l'un se rend à l'écaille de la ligne latérale, tandis que l'autre va plus bas se distribuer à la peau. Cette dernière espèce est tout aussi favorable que le gardon à l'étude des anastomoses qui s'établissent entre les branches ventrales du tronc latéral et le filet ventral des nerfs intermédiaires.

Les scombrésoces se rattachent aux cyprinides par la présence de rameaux qui descendent fort bas dans la région ventrale. J'ai étudié leur système latéral chez l'orphie (*esox belone*); dans ce type (pl. IV, fig. 5) le canal latéral suit exactement la ligne inférieure du corps; il se prolonge en avant, sous la tête, jusqu'auprès de la symphyse du maxillaire inférieur, après avoir envoyé, en passant devant la nageoire pectorale, une branche ascendante qui le met en communication avec les tubes de la région temporale. En revanche, l'interstice musculaire est situé ici beaucoup plus haut qu'on ne le voit d'ordinaire. Le tronc latéral qui le parcourt émet, à des intervalles réguliers, qui sont de 7 ou 8 cloisons intermusculaires, des rameaux très-longs descendant obliquement en arrière, jusqu'à une très-petite distance du canal, qu'ils longent ensuite d'avant en arrière, après avoir fait un angle obtus avec leur direction première; ils lui fournissent des filets d'une extrême finesse et, devenus eux-mêmes tout à fait grêles, se terminent au moment où ils vont atteindre le point d'inflexion du rameau suivant[1]. — Le plus antérieur, qui est en même temps le plus oblique, donne, à peu de distance de son origine, une ramification qui, se portant en bas et en avant, côtoie la branche ascendante du canal latéral, et vient se terminer sous la tête, le long de sa portion antérieure.

On ne connaît jusqu'à présent d'autres dispositions de la partie ventrale du système latéral que celles que je viens de décrire (cyprinides, scombrésoces), du moins en ce qui concerne les rameaux qui se rendent à un canal latéral situé au-dessous de l'interstice. Quelques poissons présentent des branches ventrales dépourvues de toute

[1] Cette disposition a été indiquée par Stannius. J'exposerai plus loin les motifs qui m'ont engagé à l'étudier, et à la figurer de préférence à beaucoup d'autres.

relation avec ce dernier. Tels seraient la baudroie et le silure, d'après Stannius. Le muge capiton m'a présenté de très-beaux rameaux de ce genre; dans cette espèce, les éléments du canal latéral semblent avoir été répartis entre toutes les écailles; il n'existe donc aucune ligne latérale proprement dite. Le premier rameau ventral naît du tronc latéral tout près de son origine, au même point que le rameau dorsal important, qui a été décrit p. 168. Après être resté accolé à ce dernier pendant une partie de son trajet dans la cavité branchiale, il devient descendant, passe derrière la nageoire pectorale et vient se terminer à la partie inférieure de la région ventrale. Il existe plus en arrière encore un certain nombre de rameaux dont la direction est analogue. Leur nombre et leur disposition varient tellement d'un individu à l'autre, qu'il m'est impossible d'en donner une description générale. Ils ont la même tendance que les rameaux des cyprinides à se réunir entre eux à leur point de départ, mais il s'en faut de beaucoup qu'il s'en trouve un par cloison intermusculaire comme chez ces derniers; le tronc latéral n'émet dans toute sa longueur que cinq ou six de ces rameaux. Chacun d'eux se divise à son extrémité inférieure en plusieurs filets qui se joignent à ceux des rameaux voisins pour former une sorte de plexus à grandes mailles. Le second rameau ventral du muge capiton est d'ordinaire le plus développé.

2° Nous voici arrivés à la description des branches ventrales telles qu'on les trouve dans les poissons où le canal latéral coïncide avec le bord de l'interstice; on a vu que chez le brochet (p. 141), elles rappellent à tous les égards celles des cyprins et s'anastomosent de même avec le filet ventral du nerf intermédiaire; c'est pour cette raison surtout que je les considère elles-mêmes comme ventrales, bien qu'elles s'arrêtent avant d'atteindre la région abdominale et restent en quelque sorte confinées dans l'interstice. Les plus antérieures, séparées par des intervalles plus grands, ont une tendance à s'allonger obliquement d'avant en arrière et dedans en dehors; après avoir atteint le bord libre de l'interstice, elles le longent pendant quelque temps. C'est, suivant moi, une branche semblable qui a été prise par Schlemm et d'Alton d'abord, puis par Stannius, pour un rudiment de rameau dorsal superficiel du canal latéral. Induit en erreur par les rapports qu'elle offre avec les nerfs intermédiaires, ce dernier anatomiste ajoute qu'elle reçoit de longues branches de communication du tronc latéral situé profondément. Il ignorait, il est vrai, qu'il existe un rameau de l'interstice supérieur chez le brochet, car en présence de ce fait, il eût sans doute hésité à admettre la présence simultanée d'un rameau du canal latéral, ces deux nerfs, identiques en réalité, s'excluant l'un l'autre.

Les branches ventrales des salmones rappellent celles des esoces; elles en diffèrent surtout par leur délicatesse et par leur brièveté, qui tient essentiellement à la position à peu près superficielle de leur tronc latéral. Stannius décrit chez le saumon un

rameau très-fin, analogue à celui du brochet et dans lequel il faudrait voir encore une première et faible indication d'un rameau superficiel du canal; il recevrait des filets grêles et courts provenant du tronc. Je n'ai pas vérifié le fait chez le saumon, mais je puis dire que la truite et le houting (*coregonus oxyrhynchus*) ne m'ont rien offert de semblable. Il serait donc possible qu'il y eût ici une erreur analogue à celle que j'ai signalée il n'y a qu'un instant.

Enfin, il faut placer à côté de ces mêmes branches ventrales les filets très-réduits que fournit le tronc latéral, rudimentaire lui-même, chez le cycloptère et les plectognathes (*diodon et ostracion*), où ils se dirigent en arrière le long des écussons latéraux, chez l'esturgeon, où ils paraissent se terminer dans la peau, et enfin, chez les sélaciens, où ces filets, partis du tronc situé aussi profondément que possible (contre la colonne vertébrale), sont, en raison de leur délicatesse, très-difficiles à suivre jusqu'à leur extrémité cutanée.

TERMINAISON DES NERFS DANS LE CANAL LATÉRAL.

Les rameaux du tronc latéral viennent, à la réserve des deux ou trois premiers, se terminer dans les écailles de la ligne latérale en pénétrant dans le canal qui les parcourt, contenu dans une demi-gouttière creusée à leur face profonde.

Ce canal n'est simple que pendant son trajet le long des flancs: parvenu à la partie postérieure de la tête, il se divise en trois branches: la première, transversale, fait communiquer entre eux les systèmes des deux côtés; la seconde, après s'être bifurquée derrière l'orbite, se rend aux os sous-orbitaires et à l'os nasal; la troisième, profonde, aboutit à la mâchoire inférieure. Stannius a démontré l'homologie des os de la tête que traversent ces tubes avec les écailles qui abritent le canal le long des flancs; la série de ces dernières est donc en réalité continuée en avant par le sus-scapulaire, le surtemporal, les sous-orbitaires et le nasal. Ces os, dits *de revêtement*, sont perforés comme elles.

La structure des canaux est la même, qu'on l'étudie sur les flancs ou dans sa portion céphalique. On les voit, dans toute leur étendue, revêtus d'une membrane épithéliale et remplis d'un liquide coagulable. Ils communiquent avec le milieu ambiant par des ouvertures, qu'il est très-facile de découvrir à la surface de la tête, mais qui, sur les côtés du corps, sont ordinairement imperceptibles; elles sont situées à l'extrémité d'un petit diverticulum en tube (gardon) ou en entonnoir (perche); c'est par elles que ressortent en gouttelettes les matières colorantes qu'on injecte dans le canal. Vis-à-vis de chacune de ces ouvertures, on observe un corpuscule d'une nature toute spéciale. Leydig a décrit avec plus de détails ceux de la région

céphalique[1]. Ils sont beaucoup plus développés que ceux des flancs et se composent d'une enveloppe de couleur jaunâtre, parcourue par des capillaires sanguins, et renfermant un petit groupe de cellules, au milieu desquelles viennent plonger les fibres du filet nerveux qui a pénétré dans le canal. Les corpuscules des écailles de la ligne latérale sont d'une observation plus difficile: ils ont souvent une forme caractéristique, dont on pourra se faire une idée en jetant un coup d'œil sur les figures 8 et 9 de la planche III, qui les représentent chez la perche et la grémille.

Chez beaucoup de poissons, les terminaisons nerveuses m'ont paru plus simples: c'est ainsi que j'ai vu, chez la carpe, les nerfs, après avoir perforé la paroi du canal perpendiculairement à sa direction, se terminer dans la muqueuse en s'y ramifiant de façon à y former des réseaux à mailles délicates sous l'épithélium. Leydig figure une disposition semblable dans le canal de l'*hexanchus griseus* (sélacien notidanide).

Les filets nerveux, qu'ils viennent se terminer dans des corpuscules spéciaux ou plus simplement dans la muqueuse des canaux, sont fournis par le pneumo-gastrique sur toute la longueur du corps, jusqu'à la région temporale inclusivement, mais, à la partie moyenne et antérieure de la tête, le rôle réservé jusque-là aux branches du tronc latéral échoit au nerf trijumeau, dont certains rameaux (frontal et buccal) se distribuent aux corpuscules très-développés de ces régions.

Le système des canaux latéraux se rencontre aussi bien chez les raies, les sélaciens et les ganoïdes que chez les poissons osseux. Je n'entreprendrai pas ici la description des particularités qu'il présente dans ces différents ordres. Il me suffira de faire remarquer que, si l'étude de la terminaison du nerf du système latéral est relativement assez facile dans tous les types qui possèdent un canal latéral distinct, il n'en est pas de même dans ceux dont la surface présente en une foule d'endroits des rudiments de canal latéral. Doit-on admettre que ces derniers, quelle que soit leur situation, sont innervés toujours par les rameaux du tronc latéral, à l'exclusion des nerfs cutanés fournis par les branches spinales? Il y aurait, dans cette direction, des recherches intéressantes à faire.

La dispersion de petites portions de canal latéral dans toute l'étendue des téguments est un fait très-rare; je n'en connais que deux exemples, que m'ont offerts le brochet et le muge capiton. Je m'y arrêterai un moment, en raison de leur importance.

Il a été question déjà (p. 142) des écailles échancrées du brochet; la présence de corpuscules, au nombre de dix à douze, dans le tube qu'elles renferment, ne per-

[1] *Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische* (av. pl.), dans *Müller's Archiv*, 1850, p. 170-181. — Voy. aussi: *Lehrbuch der Histologie*, du même auteur, p. 199-204, et *Ueber Organe eines sechsten Sinnes etc.*, dans les *Mémoires de la Société Léopoldine;* Dresde, vol. XXXIV.

met pas de douter de leur nature: ce sont bien des écailles du genre de celles qui constituent la ligne latérale des poissons; d'ailleurs certaines d'entre elles forment une ligne semblable, régulièrement entrecoupée il est vrai, d'écailles ordinaires. Or il n'est pas un point de la surface cutanée où l'on ne puisse rencontrer ces mêmes écailles caractéristiques, tantôt isolées, tantôt ébauchant des séries bientôt interrompues.

Le muge capiton est encore plus remarquable sous ce rapport: toutes les écailles, fort grandes, qui revêtent ce poisson, présentent, à très peu d'exceptions près, un tube analogue à celui des écailles échancrées du brochet. De grandeur médiocre et disposés sans ordre à la région ventrale, ces tubes, dont la direction est antéro-postérieure, ne tardent pas à se placer les uns à la suite des autres, mais ils ne communiquent pas entre eux et restent séparés à des intervalles égaux. Ils forment ainsi des rangées parallèles, au nombre de sept ou huit, dont aucune ne peut être considérée comme représentant une ligne latérale proprement dite. La plus développée de ces rangées est en même temps la plus élevée; elle est contiguë aux nageoires dorsales. Faute de pièces suffisamment fraîches, il ne m'a pas été possible de constater la présence des corpuscules dans les tubes de ces écailles; cependant, comme elles semblent recevoir chacune la terminaison de l'un des filets cutanés que fournissent à la peau les branches nombreuses du système latéral ainsi que les nerfs intermédiaires, je me crois autorisé à les regarder comme analogues aux écailles échancrées du brochet, et, par conséquent, à celles qui, chez les autres poissons, abritent à tour de rôle le canal latéral dans une petite partie de sa longueur[1].

Le véritable mode de terminaison des filets du tronc latéral chez les poissons privés de canal et de ligne latérale est peu connu.

On cite, parmi ces derniers, les loricariens, la plupart des plectognathes (*diodon*, *aluteres*, *balistes*, *ostracion*), le cycloptère et les baudroies (*lophius*, *malthea*)[2].

[1] M. E. Blanchard, en décrivant les écailles du muge capiton, a fait mention du petit canal qu'elles présentent; mais il ne s'arrête pas à cette particularité. Voici cette description:

« Des écailles grandes et minces couvrent, non-seulement tout le corps, mais encore la tête. Il y en a sur le sommet jusqu'au museau, dans l'espace compris entre les narines, et la joue en est entièrement garnie. Les écailles des flancs ont leur bord libre un peu anguleux et leur bord basilaire coupé presque droit. Toute leur portion libre, vue sous un grossissement, présente un réseau celluleux, au centre *une sorte de petit canal*, et au bord de très-petites épines irrégulières. La portion engagée dans la peau, ou recouverte par les autres écailles, offre des stries régulières d'une extrême finesse et six ou sept grêles canaux parallèles. Les écailles du sommet de la tête et des joues deviennent plus petites et subissent certaines déformations; mais, par la nature de leurs stries, elles ressemblent entièrement à celles dont le corps est revêtu » (*Les poissons des eaux douces de la France*, p. 249).

[2] On a considéré peut-être trop facilement certains poissons comme privés de canal latéral. La loche d'étang (*cobitis fossilis*) possède certainement un appareil de ce genre. Un autre cyprinide, la bouvière (*rhodeus amarus*) n'est pas absolument privée de canal; M. E. Blanchard a trouvé chez elle des canalicules bien distincts dans les deux ou trois écailles antérieures de la région des flancs.

Cet appareil est certainement absent chez les loricariens et les plectognathes, dont le tégument est revêtu de plaques osseuses épaisses. Mais le cycloptère et la baudroie manquent-ils réellement de tout organe de ce genre? Avant de l'affirmer, il faudrait examiner, je crois, si leur tégument ne renfermerait pas, en l'absence d'un véritable canal latéral, les corpuscules de Leydig qui en représentent après tout l'élément le plus important et le plus caractéristique[1].

TROISIÈME PARTIE.

Considérations générales.

ANATOMIE.

Dans les considérations anatomiques générales qui vont suivre, je me propose de comparer entre eux, non plus les éléments du système latéral pris chacun à part, mais bien ces systèmes eux-mêmes, envisagés dans leur ensemble et tels qu'on les observe dans les types nombreux dont il a été question jusqu'ici. On verra que, malgré les différences qu'ils présentent, ils se rattachent en réalité à un seul et même plan, dont les modifications peuvent être suivies dans toute la série des vertébrés inférieurs, et dont le rameau auriculaire d'Arnold offre un dernier vestige chez les vertébrés supérieurs et chez l'homme. Ces modifications semblent dépendre de conditions organiques qu'il faut connaître. Après les avoir passées en revue, je ferai la récapitulation des anastomoses des branches nerveuses crâniennes et spinales avec le tronc latéral et ses rameaux, ce qui m'amènera à exposer, en terminant, la théorie de M. le professeur Baudelot, sur les homologies de ce nerf important.

Poissons osseux à système latéral complet.

(Cyprinides, brochet, percoïdes.)

Les trois dispositions principales du système latéral des poissons osseux présentent, au premier abord, des différences assez nombreuses pour qu'il puisse sembler impossible de les réduire à un type unique. Le résumé suivant des descriptions classiques donnera une idée de ces différences, en apparence inconciliables:

Cyprinides (le canal latéral est situé au-dessous du grand interstice musculaire).

[1] Je citerai, p. 186, les auteurs peu nombreux qui ont cru voir certains filets du nerf latéral se terminer dans les muscles.

Le tronc latéral fournit un rameau operculaire, un rameau temporal, puis il se partage en deux troncs secondaires, dont l'un, interstitiel, fournit un grand nombre de filets grêles (ventraux), destinés au canal latéral, tandis que l'autre, superficiel, se rend au tégument du dos, le long de l'interstice supérieur.

Brochet (le canal latéral est situé au niveau du grand insterstice). Le tronc latéral ne fournit pas de rameau operculaire, mais il donne un rameau sus-scapulaire, au delà duquel il se divise en deux troncs secondaires extraordinairement inégaux : l'un, très-gros, situé profondément dans l'interstice, émet un grand nombre de filets grêles, destinés au canal latéral et s'y rendant pour la plupart directement; quelques-uns (les plus antérieurs) se jettent d'abord dans l'autre tronc; ce dernier, extraordinairement réduit, est placé surperficiellement sous les premières écailles de la ligne latérale. Le tronc dorsal superficiel fait défaut.

Percoïdes (le canal latéral est placé au-dessus de l'interstice musculaire). Le tronc latéral, après avoir donné un rameau operculaire et un rameau surtemporal, se partage en deux troncs secondaires, dont l'un, interstitiel, fournit des filets cutanés (Cuvier), tandis que l'autre, superficiel, s'étend sous le canal latéral et l'innerve jusqu'à son extrémité caudale.

On arrive, en étudiant plus attentivement ces trois types, à des résultats favorables à la loi de l'unité de composition. Je vais essayer de le démontrer.

Cyprinides. Brochet.

La rectification des erreurs de Stannius relatives au système latéral du brochet m'a permis de constater tout d'abord une identité telle entre ce système et celui des cyprins que, sans l'intérêt même qu'offraient ces rectifications, je me serais abstenu de lui consacrer une description spéciale. En effet, chez le brochet comme chez les cyprinides, il existe un nerf operculaire, un nerf sus-temporal, un nerf superficiel de l'interstice supérieur et une série de filets qui sont destinés au canal latéral et présentent dans ces deux types une ressemblance évidente : dans le premier, il est vrai, la situation du tronc latéral est profonde et ils ne dépassent pas le bord libre de l'interstice; dans les seconds, le tronc est presque superficiel et ils s'étendent jusqu'à la région abdominale; mais dans ces deux cas, ils s'unissent avec le filet ventral du nerf intermédiaire, ce qui ne permet pas de douter de leur caractère commun de branches ventrales.

Je ferai remarquer que le système latéral de ces poissons présente une infériorité aisément reconnaissable à deux caractères : 1° le tronc latéral émet une branche par cloison intermusculaire de la masse latérale ou, ce qui revient au même, par seg-

ment vertébral; or nous savons que les organes semblent avoir une tendance d'autant plus grande à se répéter au niveau de chacun de ces segments qu'on les étudie dans des types placés plus bas dans la série[1]; 2° ces branches, sans cesser de correspondre à peu près à chaque cloison musculaire, offrent de nombreuses variations d'un individu à l'autre; j'en ai donné plus haut des exemples, desquels il résulte que, chez les cyprinides, elles semblent chercher à se fusionner entre elles par groupes de deux, trois et même plus; l'espèce d'incertitude qui caractérise cet arrangement est encore un caractère d'infériorité[2].

Le système des scombrésoces est plus régulier; ici, la réunion des filets entre eux s'est effectuée. Il en est résulté la formation de branches plus fortes, mais moins nombreuses, qui se détachent du tronc latéral, à des intervalles égaux. J'ai montré, en décrivant les rameaux ventraux de l'orphie, que, dans la première partie de leur trajet, ils descendent obliquement jusqu'au voisinage du canal latéral, tandis que, dans la seconde, ils suivent ce canal d'avant en arrière, pour lui fournir à tour de rôle des éléments nerveux. Il existe donc, à la situation près, une analogie incontestable entre ce système et celui des percoïdes, auxquels je me trouve ainsi naturellement amené.

Percoïdes.

Il faut réunir aux nombreux représentants de cette famille tous les poissons dont le canal latéral est situé de même au-dessus de l'interstice. Leur système latéral présente, avec ceux qui viennent d'être décrits, une très-grande analogie; il ne leur est pas toutefois absolument identique. La différence consiste seulement en ce que le canal latéral est desservi par des rameaux dorsaux au lieu de l'être par des rameaux ventraux. Cette substitution entraîne, comme conséquence, chez les percoïdes: 1° l'absence de tout rameau ventral; 2° le changement de destination de la branche de l'interstice supérieur, qui, au lieu de se distribuer simplement à la peau, devient ici le premier rameau du canal latéral.

Poissons osseux à système latéral réduit ou incomplet[3].

La réduction du système latéral peut porter sur le nombre et sur le volume des nerfs qui le composent. Les loricariens (*hyspostomum*, *loricaria cataphracta*, *cal-*

[1] Chez l'amphioxus, l'uniformité est à peu près complète.

[2] Les poissons occupent les degrés inférieurs de la série des vertébrés, et leur organisme présente au plus haut point la marque d'un tâtonnement semblable; de là tant de formes bizarres. Dans les degrés plus élevés de la série, le type est constitué et ne varie plus que dans des limites étroites.

[3] La plupart des détails qui suivent sont empruntés à STANNIUS (*Das peripherische Nervensystem*).

lichthys) ne possèdent d'autres rameaux dorsaux que les deux premiers. Chez les plectognathes (*diodon*, *aluteres*, *balistes*, *ostracion*), on remarque, en outre, une diminution souvent extrême du volume du tronc latéral, tandis que le nerf operculaire reste bien développé. Le tégument de tous ces poissons est revêtu de plaques osseuses qui ne présentent aucune trace de canal; cependant le tronc latéral, presque superficiel, donne ici encore des filets grêles qui se distribuent à la peau, le long des écussons qui ont pris la place des écailles de la ligne latérale. Le cycloptère lump offre les mêmes particularités; il ne possède pas, à vrai dire, de plaques cutanées véritables, mais bien deux rangées de tubercules osseux, qui s'étendent parallèlement à la direction habituelle du canal latéral; son nerf latéral est réduit à un point tel qu'on éprouve souvent de la difficulté à le découvrir. Ce nerf fournit des filets à la peau; il possède deux branches dorsales, à savoir un rameau sus-scapulaire et un rameau operculaire: ce dernier est plus gros que le tronc.

La baudroie (*lophius piscatorius*) doit être rangée parmi les poissons privés de canal latéral, et cependant sa peau ne présente pas les productions solides qui caractérisent les espèces qui précèdent. On trouve, chez elle, outre le tronc latéral, un rameau sus-scapulaire et un rameau de l'interstice supérieur (?).

Les premiers rameaux dorsaux eux-mêmes peuvent faire défaut; ce fait est rare et n'a été constaté jusqu'ici que dans l'anguille et le syngnathe. Leur tronc latéral émet un certain nombre de filets ventraux; chez l'anguille, ces filets sont très-longs, obliquement dirigés d'avant en arrière et de dedans en dehors; il s'en faut de beaucoup qu'il y en ait un par cloison intermusculaire, comme le dit Stannius.

Ces systèmes latéraux plus ou moins réduits forment une transition entre les systèmes très-développés des poissons osseux et ceux, beaucoup plus simples, des ganoïdes, des sélaciens et des cyclostomes.

Ganoïdes.

Le polyptère bichir possède, d'après Stannius et Müller, une branche dorsale de l'interstice supérieur; cette particularité le rapproche des cyprinides.

Il existe, chez la chimère, un nerf latéral situé très-profondément; il ne fournit aucun rameau dorsal.

Le tronc latéral de l'esturgeon est situé assez superficiellement (sous les écussons des flancs); il n'offre pas d'autre branche dorsale que l'operculaire, mais il fournit des filets qui se rendent, suivant toute apparence, à la ligne latérale peu développée dont ce poisson est pourvu, malgré la nature placoïde de son revêtement.

Poissons cartilagineux.

Le système latéral des sélaciens est caractérisé par l'absence de toute branche dorsale; il se rattache donc à celui de l'anguille et du syngnathe.

En revanche, celui des raies semble difficile à classer; on y rencontre un équivalent du nerf operculaire et deux rameaux nerveux, émis par le tronc latéral, l'un, avant la ceinture scapulaire, l'autre, après elle. Ces derniers, ainsi que les branches du canal latéral auxquelles ils sont destinés, n'ont pas d'équivalents chez les autres poissons. — D'après SAVI[1], le nerf latéral de la torpille fournirait des filaments nerveux très-minces à la masse musculaire qu'il parcourt (!); les plus considérables d'entre eux se dirigeraient à l'extérieur en parcourant obliquement en arrière chaque section musculaire formée par les couches aponévrotiques transversales.

Cyclostomes.

Les cyclostomes (*petromyzon*, *myxine*, *bdellostoma*) possèdent un système latéral qui rappelle celui des plectognathes, chez lesquels le tronc est réduit au maximum, tandis que le rameau operculaire a conservé tout son développement (*ostracion*). En effet, le nerf que SCHLEMM et d'ALTON considèrent comme le tronc latéral de la lamproie naît : 1° de deux branches du vague, et 2° d'une branche récurrente du facial; puis, après avoir communiqué avec le rameau supérieur du premier nerf spinal, il se porte en arrière le long des arcs vertébraux; en raison de ses origines, ne serait-il pas préférable de regarder ce prétendu tronc latéral comme représentant le rameau operculaire? Je partage sur ce point la manière de voir de STANNIUS. Cet auteur fait remarquer: 1° que ce nerf n'est pas situé, comme le tronc latéral, dans le plan médian horizontal du corps et que d'ailleurs il ne dépasse guère en arrière la région branchiale; 2° que la lamproie manque de la moitié ventrale de la masse musculaire latérale; or l'absence de cette dernière semble toujours entraîner comme conséquence celle du tronc latéral.

Amphibies.

Les batraciens urodèles (triton), ainsi que les larves ou têtards des batraciens anoures, possèdent un véritable nerf latéral, qui fournit deux branches à peu de distance de son origine. Ce nerf, dont la découverte est due à VAN DEEN[2], ne subsiste à

[1] *Études anat. sur le syst. nerv. de la torpille*, p. 316.

[2] *Ueber den Ramus lateralis nervi vagi bei den Batrachiern*, dans *Müller's Archiv*, 1834, p. 477-480.

l'âge adulte que chez le pipa[1]; la dernière métamorphose le fait disparaître chez tous les autres batraciens anoures.

Il ne reste plus alors de tout le système que les deux branches dorsales qu'il possédait: l'une d'elles, analogue au rameau sus-scapulaire, se distribue, comme je l'ai dit plus haut, au tégument de la nuque et de l'épaule, et, chez quelques espèces (salamandre, triton, crapaud), à la glande cutanée, dite, mal à propos, *glande parotide;* l'autre, qui est d'un intérêt particulier, s'adjoint des éléments nerveux empruntés au facial et se dirige ensuite en avant vers l'os carré et la membrane du tympan pour se distribuer à la peau entre l'oreille et l'angle de la mâchoire. Ce dernier rameau semble donc conserver les traits principaux du nerf qui forme à lui seul tout le système latéral des cyclostomes.

Vertébrés supérieurs.

Il subsiste, chez les mammifères et chez l'homme, un vestige du système latéral; c'est le rameau auriculaire d'Arnold (rameau de la fosse jugulaire). Comme l'operculaire des cyprinides et des plectognathes, comme le nerf latéral des cyclostomes et la branche tympanique des batraciens, il est formé par la réunion d'un filet du facial à un filet du pneumo-gastrique. A cette analogie d'origine vient se joindre une remarquable analogie de distribution; en effet, le nerf d'Arnold gagne la cavité de la conque et la cavité scaphoïde pour aller se distribuer, entre la peau et le cartilage, aux glandes qui sécrètent le cérumen, de même que le rameau operculaire du nerf vague des poissons se rend aux follicules de leur appareil branchial[2] (STANNIUS). On sait d'ailleurs que le conduit auditif externe n'est autre chose que le reste de l'une des fentes embryonnaires (dites *pharyngiennes* ou *branchiales*); l'appareil qui correspond à la partie profonde de cette fente (trompe d'Eustache) conserve même encore, chez l'adulte, l'épithélium vibratile caractéristique des voies respiratoires. Cette dernière considération démontre qu'il est possible, sans trop s'aventurer, de donner une même définition du rameau operculaire des poissons et du rameau d'Arnold des mammifères. Tous deux naissent, en effet, de la réunion d'une branche du facial à une branche du nerf vague; tous deux aussi se distribuent à certaines parties de l'appareil branchial ou, du moins, aux organes que cet appareil représente dans les animaux supérieurs.

Conditions organiques de l'existence d'un système latéral plus ou moins développé. — Il serait facile de construire, à l'aide des données précédentes, le plan du système

[1] FISCHER (J. G.) *Amphibiorum nudorum neurologia.* Berlin 1843.

[2] On trouvera des développements plus étendus sur ce sujet dans HANNOVER: *De cartilaginibus, musculis, nervis auris externæ atque de nexu nervi vagi et nervi facialis.* Havniæ 1839.

latéral, ou son archétype, comme Owen l'eût appelé: il serait représenté par un tronc nerveux qui, né de la racine antérieure du nerf vague, viendrait se terminer à la nageoire caudale, après avoir émis au niveau de chaque cloison inter-musculaire et, par conséquent, de chaque unité vertébrale, un filet dorsal et un filet ventral.

Voyons maintenant quels sont les organes dont les modifications semblent avoir une influence plus spéciale sur le développement ou la réduction des parties constituantes de cet archétype.

1° De tous ces organes, aucun ne le cède en influence au *canal latéral*; lorsqu'il est bien développé, ainsi que les corpuscules qu'il renferme, le tronc latéral est volumineux; on se convaincra de ce fait en étudiant certains types qui appartiennent à la famille des percoïdes (grémille) ou à celle des gades (*raniceps*, *lepidoleprus*). Les pleuronectes fournissent un exemple du fait contraire. Enfin, dans les espèces qui ne présentent plus de traces de canal latéral, le tronc n'est plus qu'un filet grêle placé tout à fait superficiellement, dont il a été question p. 181-184.

Il faut ajouter que, chez les poissons qui possèdent un canal latéral distinct, la situation de ce canal dans la région dorsale amène le développement des branches dorsales, tandis que sa situation dans la région ventrale a pour conséquence celui des branches ventrales. J'ai assez insisté sur ce point pour ne pas avoir à y revenir.

On ne remarque pas sans étonnement que certains auteurs n'ont pas été frappés des relations du nerf latéral avec le canal du même nom. Desmoulins ne les a pas mentionnées; il paraît même s'être proposé de réfuter les auteurs qui auraient été tentés de les admettre: « S'il est un fait évident, écrit-il, c'est que dans aucun genre ce nerf n'est contigu et encore moins coïncident sur tout son trajet avec la ligne de pores connue sous le nom de *ligne latérale*[1]. » Il est, en effet, très-rare de voir ce nerf situé au voisinage immédiat de cette ligne[2]: mais c'est là un fait d'importance secondaire et duquel Desmoulins aurait été moins vivement frappé s'il avait observé l'existence constante des branches qu'il envoie au canal. Il est difficile de comprendre qu'elles aient pu lui échapper. Stannius, qui reproche avec raison à Desmoulins la légèreté de son assertion, ne paraît pas disposé à regarder l'expression de *nerf du canal latéral*, proposée par Oken, comme rigoureusement équivalente à celle de *nerf latéral;* il fait observer que chez un certain nombre de poissons, tels que le

[1] *Anat. du syst. nerv.*, p 448. Desmoulins n'a pas constaté davantage les relations du *rameau superficiel* des percoïdes et des gades avec le canal latéral; il le considérait, d'ailleurs, comme un nerf congénère du tronc latéral et non comme une de ses branches. Quant aux filets ventraux que le tronc envoie, chez les cyprins, au canal latéral, on se souvient que Desmoulins déclare formellement qu'ils n'existent pas (voy. p. 172).

[2] Il n'occupe guère cette position que chez certains salmones (truite, houting).

cycloptère, la baudroie et plusieurs plectognathes, le nerf latéral existe, malgré l'absence du canal et de la ligne latérale.

Il ne faut pas s'exagérer la portée de cette objection; si l'on disposait, par exemple, les plectognathes en une série qui commencerait par les espèces pourvues d'un canal bien apparent, comme le poisson lune (*orthagoriscus mola*), pour arriver à celles où il est très-réduit, et finir par les types qui n'en offrent plus de trace, on verrait, dans cette série, le tronc latéral participer à la réduction du canal, mais en retardant sur lui, si je puis m'exprimer ainsi; de sorte qu'après la disparition de ce dernier, il subsisterait encore un rudiment de système latéral, reconnaissable à son mode de distribution, c'est-à-dire émettant des rameaux destinés aux boucliers latéraux. Loin de constituer une objection, cet amoindrissement progressif, à peu près simultané, du canal et de son nerf propre, fournit une preuve manifeste de leurs rapports physiologiques.

2° Faut-il, comme l'affirme STANNIUS[1], attribuer à l'existence de la *masse musculaire ventrale*, ainsi qu'à son développement plus ou moins prononcé, une influence prépondérante sur l'existence et le développement du nerf latéral? On serait tenté de le croire. Non-seulement le nerf latéral paraît offrir un volume proportionnel à celui de cette masse musculaire, mais il disparaît complétement dans les animaux qui sont privés de cette dernière (cyclostomes, et batraciens anoures après leur métamorphose ultime).

On ne peut guère concevoir en vertu de quelle loi organique il existerait un semblable rapport entre le nerf latéral et la portion ventrale des muscles du tronc; car ce nerf, bien qu'il soit dans toute son étendue en contact avec eux, ne lui abandonne aucune espèce de fibres.

Deux auteurs, à la vérité, semblent avoir considéré le nerf latéral comme ayant quelquefois des terminaisons musculaires. WEBER[2] dit lui avoir vu fournir un filet aux muscles superficiels de la nageoire caudale de la carpe, et SAVI[3], de son côté, affirme que chez la torpille les rameaux les plus considérables se distribuent aux muscles qu'ils traversent[4].

Ces assertions sont restées isolées. Le rôle musculaire du nerf latéral est révoqué en doute par la presque totalité des anatomistes. Il est donc prudent, à ce que je crois, de ne pas attacher une importance trop grande aux idées de STANNIUS.

[1] *Das peripher. Nervensyst.*, p. 109.

[2] *Müller's Archiv f. Anat. und Phys.*, 1827, p. 304.

[3] *Etudes anat. sur le syst. nerv. de la torpille*, p. 316.

[4] J'ai recherché avec soin, mais sans résultat, la présence de semblables filets musculaires des nerfs latéraux.

3° D'autres auteurs ont cru trouver un rapport constant entre l'existence du nerf latéral et celle de l'appareil branchial. Au premier abord, cette manière de voir semble très-plausible ; en effet, ce nerf se rencontre, non-seulement chez les poissons et chez les amphibies pérennibranches, mais aussi chez les batraciens anoures, tant que leurs métamorphoses ne leur ont pas fait perdre leur appareil branchial, ainsi que l'a démontré Van Deen ; cependant on ne doit pas oublier que ce nerf fait défaut à certains vertébrés respirant par des branchies et même à des poissons, tels que les myxines et la lamproie, et qu'en revanche il existe, d'après les recherches de Fischer[1], chez des vertébrés pulmonés, tels que le pipa et le triton.

ANASTOMOSES DU NERF LATÉRAL : SON HOMOLOGIE AVEC LES NERFS SPINAUX INTERMÉDIAIRES.

Le système latéral communique : 1° avec les nerfs crâniens ; 2° avec les nerfs spinaux.

1° *Anastomoses avec les nerfs crâniens.* Parmi eux, le trijumeau s'anastomose seul avec le tronc latéral ou avec ses branches. On a vu que ces deux nerfs ont une certaine communauté d'origine ; en effet, la racine antérieure du pneumo-gastrique est rattachée à la racine du trijumeau par un renflement de substance grise ; ajoutons qu'on peut les suivre toutes deux jusqu'au filet de substance blanche qui s'étend parallèlement au bord du quatrième ventricule. De plus : 1° chez les cyprinides et probablement chez d'autres poissons encore, la racine du tronc latéral reçoit un rameau récurrent du trijumeau ; 2° le rameau operculaire du trijumeau se réunit à celui du facial ; 3° le premier rameau du canal latéral s'anastomose fréquemment, chez la perche et la lotte, avec la branche descendante du nerf latéral du trijumeau (voy. p. 168).

2° *Anastomoses avec les nerfs spinaux.* Je me contenterai de rappeler ici qu'il n'existe jamais, à mon avis, d'anastomoses des nerfs spinaux intermédiaires avec le tronc latéral lui-même ; mais, qu'en revanche, les filets ventraux de ces derniers s'accolent fréquemment aux branches ventrales du nerf latéral, chez les ésoces et les cyprinides.

Ce dernier point présente une importance toute particulière, en ce qu'il vient confirmer les idées de M. le professeur Baudelot relativement aux homologies du nerf latéral des poissons avec leurs nerfs spinaux intermédiaires. Voici comment il s'exprime :

« Je regarde les rameaux intermédiaires des nerfs spinaux comme les homologues du nerf latéral du pneumo-gastrique.

[1] Fischer, *loc. cit.*, p. 19 et 34.

« Un simple coup d'œil jeté sur une préparation d'ensemble des nerfs rachidiens suffit déjà pour reconnaître que le nerf latéral fait partie de la série des nerfs intermédiaires. L'origine, la direction, les rapports généraux, le partage de ce nerf en branches ascendantes et descendantes, tout vient à l'appui de cette manière de voir. Il existe, il est vrai, une différence de volume très-considérable entre le nerf latéral et les nerfs intermédiaires, mais en cela il ne saurait y avoir de difficulté, puisque l'on sait que des différences de volume non moins importantes peuvent se manifester entre les branches postérieures des nerfs spinaux et la branche postérieure de la cinquième paire. Celle-ci, qui constitue alors ce qu'on appelle *le nerf latéral du trijumeau*, présente dans sa disposition l'analogie la plus complète avec le tronc latéral du pneumo-gastrique.

« Reste une question de la plus haute importance, celle des anastomoses. L'extrême analogie qui se manifeste entre le nerf latéral du pneumo-gastrique et le nerf latéral du trijumeau a conduit les anatomistes à se demander si, pour le premier de ces nerfs, comme pour le second, il existe des anastomoses avec les nerfs spinaux. » — Après avoir dit ensuite qu'il croit à l'existence de ces anastomoses, et qu'il les a vues sur un certain nombre de poissons, M. Baudelot ajoute : « Ces rapports entre les rameaux intermédiaires des nerfs spinaux et le tronc latéral du pneumo-gastrique constituent une preuve de plus en faveur de l'homologie de ces branches nerveuses ; » et il conclut en exprimant la conviction que, « le pneumo-gastrique possédant une branche antérieure, une branche postérieure et une branche intermédiaire, il n'y a entre ce nerf et les nerfs spinaux aucune différence essentielle[1]. »

Cette manière de voir me paraît fondée ; on ne saurait toutefois se dissimuler que le parallèle, très-rigoureux en ce qui concerne les branches dorsales et intermédiaires, laisse quelque chose à désirer pour ce qui regarde les branches ventrales. Cependant il ne faut pas perdre de vue que le pneumo-gastrique proprement dit (branche ventrale du nerf vague), bien qu'il soit un nerf principalement musculaire, puisqu'il est destiné au cœur, aux muscles du tube digestif et à ceux de l'appareil respiratoire, se distribue aussi à la muqueuse des branchies. Il est donc tout à la fois moteur et sensitif, comme la branche ventrale (intercostale) des nerfs intermédiaires.

[1] *Recherches d'anat. comp.*, p. 31.

Physiologie.

Les expériences instituées dans le but de découvrir le rôle physiologique du nerf latéral n'ont pas fourni de résultats positifs (voy. p. 194) et cependant différentes fonctions lui ont été attribuées par les auteurs. Les opinions qu'ils ont émises à ce sujet s'appuient, faute de mieux, sur des considérations anatomiques et sont déduites, par conséquent, des principaux rapports de ce nerf et de la nature, plus ou moins bien établie, des organes auxquels se rendent ses branches. — Je me propose d'appliquer une méthode semblable à l'examen des questions suivantes :

1° Le nerf latéral, en tant que nerf du canal de ce nom, doit-il être regardé comme ayant une influence sur la sécrétion de la mucosité ?

2° Faut-il admettre, en raison de la nature des corpuscules dans lesquels la plupart de ses rameaux se terminent, qu'il est un nerf de sensation spéciale ?

3° Ne serait-ce pas plutôt un nerf de sensiblité générale ?

4° Préside-t-il à la respiration cutanée ?

5° Est-il doué de propriétés motrices ?

1° *Le nerf latéral, en tant que nerf du canal latéral, exerce-t-il une influence sur la sécrétion de mucosité ?* — Cette influence me paraît très-contestable ; rien ne prouve, en effet, que le canal latéral soit un appareil mucipare spécial. Aussi me suis-je abstenu de lui donner dans ce travail le nom de *canal muqueux*, que lui conservent encore certains anatomistes.

Cette opinion est fort ancienne. STENON, qui découvrit le canal latéral des raies et des sélaciens[1] (1664), quelques années avant que CLAUDE PERRAULT décrivît celui des poissons osseux[2] (1680), le considéra comme chargé de sécréter un mucus, dont l'utilité lui semblait comparable à celle des enduits « dont on revêt les flancs des navires, afin qu'ils puissent fendre les flots plus rapidement. » ALEXANDRE MONRO[3], un siècle plus tard (1783), exprima une conviction semblable : il ajouta toutefois qu'il avait eu quelque peine à provoquer la sortie des mucosités en comprimant le canal[3].

Les savants qui firent plus tard une étude approfondie de la question subirent l'influence de la même préoccupation. C'est ainsi que CUVIER, entre autres, écrivait en 1828 : « La ligne latérale des poissons a généralement quelque appareil sécrétoire qui en suit la longueur. Cela se voit surtout bien distinctement dans le tronc où,

[1] *De musculis et glandulis etc. — Elementorum myologiæ specimen.*
[2] *Essais de physique, etc*, t. III.
[3] *The structure and physiology of fishes compared with those of man and other animals.* Edinburgh.

sous la ligne latérale, règne partout un corps d'un rouge plus foncé que le reste de la chair, duquel partent les petits tubes qui forment les pores de la ligne; chacun de ces petits tubes reçoit un filet du nerf de la ligne latérale. Il y a quelque chose de très-semblable chez la carpe[1]. »

Les recherches microscopiques parurent confirmer d'abord l'opinion générale, et STANNIUS, ayant observé des corpuscules particuliers dans les écailles qui forment la ligne latérale de la morue et de la brème, les décrivit dans les termes suivants : « Au voisinage de l'endroit où les vaisseaux et les nerfs pénètrent dans ces écailles, il existe quelquefois de petits cæcums composés de cellules microscopiques, et, par conséquent, *de véritables glandes de sécrétion*[2]. »

Il est difficile de comprendre qu'on ait pu, pendant tant d'années, considérer le tube étroit qui règne le long des flancs des poissons comme la source de la quantité considérable de mucus qui vient enduire leur tégument quand on cherche à les saisir ou quand on les met en contact avec des substances irritantes. Par quel mécanisme inexplicable ce mucus s'étendrait-il sur la surface tout entière du corps et des nageoires? Enfin, comment expliquer l'extrême viscosité de la peau du cycloptère, qui manque absolument de canal latéral[3]?

Il est d'autant plus inutile d'attribuer ici à un appareil spécial le rôle de sécréter la mucosité que la surface externe est manifestement douée de cette propriété dans toute son étendue[4], non-seulement chez les poissons, mais aussi chez un très-grand nombre d'invertébrés. Le mode de formation de cette substance est bien connu maintenant: elle est le résultat d'une sorte de fonte que subissent les cellules incessamment renouvelées de l'épiderme. Ce phénomène de renouvellement continuel des couches épidermiques s'observe d'ailleurs, sous des formes variées, à la surface du corps de tous les animaux[5].

Si le nerf latéral exerce une influence quelconque sur la sécrétion du mucus, il doit donc cette propriété à ses branches cutanées et non à celles qui se distribuent au prétendu canal muqueux.

[1] *Hist. nat. des poiss.*, t. I, p. 386. WAGNER reproduit presque textuellement ce passage (*Vergleichende Anatomie*, p. 277). LEYDIG a démontré que ce corps, d'un rouge plus ou moins vif, est composé de fibres musculaires particulières.

[2] *Manuel d'anat. comp.*, p. 51.

[3] Son corps est enduit d'une humeur visqueuse... Cette liqueur gluante est répandue sur tous les cycloptères (LACÉPÈDE, *Histoire naturelle des poissons*, tome I, p. 401).

[4] En isolant une petite partie de la peau à l'aide d'un morceau de baudruche percé à son centre, on constatera facilement, après avoir soigneusement essuyé ce point, que le mucus y reparaît au bout de quelques instants.

[5] Le mucus de la loche d'étang est doué d'une consistance telle que ce poisson, quand on le retire de l'eau, reste adhérent à la surface sur laquelle on l'a déposé. Ce produit se compose en grande partie de cellules épidermiques facilement reconnaissables au microscope.

2° *Le nerf latéral préside-t-il à des sensations d'une nature spéciale?* — On se rappelle que la plupart des rameaux de ce nerf viennent se terminer dans les corpuscules du canal latéral; comme ces derniers, d'après les idées qui ont prévalu en Allemagne, sont probablement des organes des sens, il faudrait voir dans le tronc latéral un nerf chargé particulièrement de transmettre au cerveau les impressions qu'ils reçoivent.

On arrive aisément à reconnaître que les corpuscules du canal ne sont pas de nature glandulaire ; Leydig a établi que les cellules qui en forment presque toute la masse n'offrent aucun des phénomènes de prolifération plus ou moins active dont les glandes sont le siége ; il a démontré, d'autre part, que ces cellules, par leur situation à l'extrémité de certains nerfs, rappellent les éléments à formes épithéliales qui caractérisent les terminaisons nerveuses dans la plupart des appareils de sensation spéciale. Aussi n'a-t-il pas hésité à regarder les corpuscules du canal comme les organes d'un sens particulier qu'il a nommé *le sixième sens*, faute de pouvoir le comparer, avec quelque vraisemblance, à l'un des cinq sens des vertébrés supérieurs[1].

Je crois devoir faire remarquer à ce propos que, dès 1825, un savant anglais, Robert Knox, avait assigné un rôle physiologique complétement identique aux tubes gélatineux (*Gallertröhren*[2]) qu'on observe sous la peau de la tête des raies. Son ouvrage sur la théorie de l'existence d'un sixième sens chez les poissons[3] a été cité d'une manière incidente par Leydig[4], qui semble n'en avoir eu connaissance qu'à une époque postérieure à ses travaux.

Au premier abord, l'inclusion des corpuscules dans un canal dont les pièces protectrices résistantes les défendent en apparence contre toute impression extérieure semblerait autoriser à révoquer en doute leur rôle sensitif. Il ne faut pas oublier cependant que, situés en face d'un orifice qui les fait communiquer avec le dehors, ils sont accessibles aux variations de température et de pression du milieu ambiant ; peut-être le sont-ils aussi aux impressions tactiles; des organes revêtus d'une matière osseuse ou cornée (tentacules, papilles, dents) possèdent, chez beaucoup d'animaux, une sensibilité très-développée de ce genre.

Les corpuscules du canal ne sont pas les seuls appareils de sensation dont on ait indiqué la présence dans la peau des poissons. Leuckhart a fait, en 1864, au Con-

[1] *Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische*, dans *Müller's Archiv*, 1850, p. 181.

[2] Les tubes de ce nom ne doivent pas être confondus avec ceux des canaux latéraux : les raies possèdent les uns et les autres.

[3] *On the theory of the existence of a sixth sense in fishes etc.*, dans *Edinburgh Journal of science*, vol. II, p. 12-16.

[4] Voy. *Ueber Organe eines sechsten Sinnes etc.*, dans *Verhandlungen der Leopold.-Carol. Acad. der Naturforsch.*, vol. XXXIV; *Abhandl.*, p. 1-102.

grès scientifique de Giessen, une communication d'un haut intérêt sur des points oculiformes très-nombreux découverts par lui sous le corps du *Chauliodes Sloani* et de quelques autres espèces méditerranéennes [1].

Il est donc probable que les corpuscules du canal latéral sont des organes de sensation; mais on ne saurait se dissimuler qu'il faudra les étudier longtemps encore avant de pouvoir regarder leur rôle physiologique comme parfaitement établi [2]. Quoi qu'il en soit, il est bien évident que les propriétés qu'on serait tenté de prêter au nerf latéral, en raison de leur présence à l'extrémité de certaines de ses branches, ne lui sont nullement spéciales; nous avons vu en effet que les corpuscules très-développés des canaux de la tête (à l'exception toutefois de ceux de la région temporale) reçoivent du nerf trijumeau leurs éléments nerveux [3].

3° *Le tronc latéral est-il un nerf de sensibilité générale?* — Le tronc latéral se rapproche des nerfs cutanés ordinaires par le mode de terminaison très-simple d'une partie de ses fibres; c'est ainsi qu'il n'existe aucun organe spécial, à l'extrémité des ramifications du rameau operculaire et du rameau de l'interstice supérieur; on n'en trouve pas davantage à l'extrémité des filets par lesquels le tronc lui-même se termine à la surface de la nageoire caudale.

Rien ne s'oppose donc à ce qu'on regarde le tronc latéral comme un nerf de sensibilité générale; certains de ses rameaux semblent, il est vrai, destinés à transmettre certaines impressions particulières, mais ils ne doivent cette propriété qu'aux appareils de sensation spéciale (corpuscules) auxquels ils viennent aboutir.

4° *Le nerf latéral préside-t-il à la respiration?* — Serres paraît avoir supposé le premier que ce nerf joue un rôle dans la respiration cutanée des poissons. Voici ses expressions: « Une des branches du pneumo-gastrique constitue le long rameau dorsal que l'on remarque sur le flanc des poissons. Cette branche concourt-elle à la respiration? La peau, chez les poissons, serait-elle un organe supplémentaire de la respiration, comme l'ont établi, pour certains reptiles, les belles recherches de M. le docteur Edwards? Le milieu dans lequel vivent les poissons aurait-il exigé un appareil plus puissant pour l'oxygénation du sang? Le volume du nerf pneumo-gastrique

[1] *Chauliodes Fieldii*, plusieurs espèces de *Scopelus*; ces poissons, placés dans la classification près des salmones, sont communs aux environs de Gibraltar.

[2] La difficulté de semblables études devrait, je crois, rendre les physiologistes plus réservés; on n'a pas oublié que les corpuscules de Vater, regardés d'abord comme des *organes du tact*, ont été rencontrés récemment *dans le mésentère du chat.*

On ne semble pas avoir cherché à constater si les corpuscules du canal ne seraient pas des appareils électriques.

[3] Les corpuscules contenus dans les écailles échancrées les plus éloignées de la ligne latérale, chez le brochet, ne peuvent, ce me semble, être innervés que par les filets terminaux des nerfs intermédiaires (voy. p. 142).

du phoque et des cétacés dépendrait-il de cette cause, de ce rapport qu'ils ont en partie avec les poissons? Serait-ce la raison pour laquelle les tortues aquatiques ont ce nerf beaucoup plus développé que les tortues terrestres?[1] »

Cette manière de voir fut adoptée par VAN DEEN et par BÜCHNER; ce dernier crut devoir faire observer que la nageoire caudale, à la surface de laquelle le nerf latéral fournit de nombreuses ramifications terminales, devra probablement être regardée comme un appareil respiratoire spécial; il alla même jusqu'à la comparer aux branchies qui, chez certains animaux inférieurs, servent tout à la fois au mouvement et à la respiration![2]

L'influence du nerf latéral sur la respiration cutanée est loin d'être démontrée; aussi me paraît-il superflu de rechercher comment les auteurs que je viens de citer ont pu se l'expliquer. En revanche, l'action de ce même nerf sur la respiration branchiale est moins douteuse peut-être: essayons de la définir.

On sait que l'activité des mouvements respiratoires dépend, en partie du moins, de l'excitation permanente que le milieu où les animaux sont plongés produit, par son contact, sur deux grandes surfaces: la surface respiratoire proprement dite, et le tégument externe[3]. Elles sont mises l'une et l'autre en communication avec le point des centres nerveux dont émanent les nerfs moteurs des muscles de la respiration, par l'intermédiaire de certains nerfs qui représentent l'élément centripète de ces phénomènes réflexes et que l'on pourrait dès lors appeler nerfs respiratoires de ces surfaces. Chez tous les vertébrés, la surface respiratoire proprement dite aurait le pneumogastrique pour nerf respiratoire. La surface cutanée des vertébrés supérieurs serait dépourvue de nerf spécial de ce genre et tous les nerfs cutanés en tiendraient lieu. Mais, chez les poissons, cette surface en posséderait un: le nerf latéral; cela est d'autant moins invraisemblable qu'il émane lui-même du pneumogastrique; ce dernier serait donc tout à la fois, par sa branche viscérale, le nerf respiratoire de la muqueuse branchiale, et par sa branche latérale, celui du tégument externe[4].

[1] *Anatomie comparée du cerveau*, vol. I, p. 598.

[2] *Anat. du syst. nerv. du barbeau*, p. 35.

[3] M. le professeur Küss insiste dans son *Cours de physiologie* sur l'influence que les agents extérieurs exercent sur les mouvements respiratoires par l'intermédiaire de la surface cutanée. Toutes les fois que cette dernière est soustraite à cette influence dans une grande étendue (vernissage, brûlures), les mouvements respiratoires se ralentissent et on observe des phénomènes d'asphyxie et de refroidissement, qu'il faut, d'après lui, attribuer bien plutôt à la suppression d'une excitation indispensable qu'à celle des échanges gazeux insignifiants dont la peau est le siége.

[4] DESMOULINS avance que le nerf latéral aurait pour rôle «d'établir un concert entre les mouvements du tronc et ceux des branchies;» il ne semble pas, du reste, très-persuadé lui-même de la valeur de cette explication, car il ajoute presque aussitôt: «Mais les mouvements respiratoires des poissons n'ont besoin d'aucun point d'appui et n'ont réellement aucun auxiliaire dans les muscles du tronc du poisson» (*Anat. du syst. nerv des animaux à vertèbres*, p. 758).

Le nerf latéral est-il moteur? — Contrairement à l'opinion de Weber et de Savi (p. 186), le nerf latéral paraît ne fournir aucun filet aux muscles, bien qu'il soit situé dans leur épaisseur pendant tout son trajet. Il est donc impossible de lui attribuer les propriétés que ferait supposer le nom d'*accessoire de Willis*, qui lui avait été donné par Rolando, à cause des rapports qu'il présente près de son origine avec le ganglion du pneumo-gastrique proprement dit (branche viscérale du nerf vague[1]). Les expériences dont je vais donner le résumé semblent d'ailleurs établir très-nettement qu'il n'est pas moteur.

Expériences.

1° EXCITATION DU NERF LATÉRAL.

Müller dit avoir excité le nerf latéral à l'aide d'une pile de quarante couples sans obtenir de contractions musculaires.

L'excitation mécanique de ce nerf (tiraillement, piqûre) ne produit aucun effet apparent (Büchner).

Stannius a électrisé sans résultat le nerf latéral d'un grand nombre de poissons (perche, chabot, sole, turbot, brème, silure, anguille, esturgeon, raie). Chez la tanche l'excitation du rameau de l'opercule n'a été suivie d'aucun mouvement de cette dernière.

Mes tentatives n'ont pas eu plus de succès: l'application de l'électricité sur le nerf latéral du brochet et sur celui de la lotte n'a déterminé aucun phénomène particulier, bien que, chez ce dernier poisson, sa situation superficielle m'ait permis d'agir sur lui directement, après l'avoir mis à nu à l'aide d'une simple incision. En galvanisant d'une manière persistante ce même nerf au voisinage de la ceinture scapulaire, chez la perche, j'ai vu les mouvements respiratoires rester suspendus pendant un temps assez long, et ne reprendre ensuite qu'à des intervalles éloignés. Peut-être faut-il attribuer cet effet à la contraction des muscles abaisseurs de l'opercule, au voisinage desquels les électrodes étaient placés.

2° SECTION DU NERF LATÉRAL.

Les mouvements de la nageoire caudale persistent après la section des deux nerfs latéraux (Büchner).

Une anguille qui avait subi cette opération fut observée pendant deux jours par

[1] Rolando, *Osservazioni del cerveletto.* — Le rôle essentiellement moteur de l'accessoire de Willis a été démontré par Bischoff (voy. *Nervi accessorii Willisii anat. et phys.*).

Stannius, qui rapporte qu'elle n'offrit aucune modification notable dans l'accomplissement de ses fonctions physiologiques. En revanche, après avoir coupé les nerfs latéraux d'une tanche, il constata une accélération très-sensible des mouvements respiratoires.

J'ai répété ces dernières expériences: la section des nerfs latéraux du brochet, avant leur passage sous la ceinture scapulaire, m'a semblé n'avoir aucune influence spéciale sur ce poisson; il est très-facile de la pratiquer en ce point, car il suffit de soulever l'opercule pour les apercevoir par transparence sous la muqueuse de la cavité branchiale. Je n'ai pas observé d'accélération notable des mouvements respiratoires chez une perche et chez plusieurs tanches dont les nerfs latéraux avaient été coupés.

On voit que les recherches expérimentales n'ont pas fourni jusqu'ici de résultats dont on puisse s'autoriser pour assigner au nerf latéral un rôle physiologique déterminé. Ce nerf n'est pas moteur, telle est l'unique conclusion qu'elles permettent de formuler. Je dois à ce propos rappeler en terminant l'ingénieuse expérience au moyen de laquelle Stannius, après avoir coupé la moelle en travers, constata que, malgré l'intégrité parfaite du nerf latéral, tous les mouvements volontaires étaient abolis en arrière du point de section.

BIBLIOGRAPHIE.

1664. Steno. De musculis et glandulis etc.
1669. Le même. Elementorum myologiæ specimen.
1680. Perrault (Cl.). Essais de physique etc., t. III.
1783. Monro (Alex.). Observations on the structure and fonctions of the nervous system. Edinburgh.
1785. Le même. The structure and physiology of fishes explained and compared with those of man and other animals. Edinb. (trad. en allemand, av. additions, par Schneider, Leipzig 1787).
1819. De Lacépède. Histoire naturelle des poissons.
1820. Fenner. De anatome comparata, sistens descriptionem cranii, encephali et nervorum in piscibus., av. pl. Iena[1].
1820. Weber (E. H.). De aure et auditu hominis et animalium, av. pl., Leipzig.
1822. Desmoulins. Recherches anatomiques et physiologiques sur le système nerveux des poissons, dans Magendie, Journal de physiologie, t. II, p. 348-353.
1827. Serres. Anatomie comparée du cerveau dans les quatre classes des animaux vertébrés. Paris.
1825. Desmoulins. Anatomie des systèmes nerveux des animaux à vertèbres, av. pl. Paris. (En collaboration avec Magendie pour la partie physiologique.)
1825. Knox, (Rob.). On the theory of the existence of a sixth sense in fishes, supposed to reside in certain peculiar tubular organs found immediately under the integuments of the head in Sharks and Rays, dans Edinburgh Journal of science, vol. II, p. 12-16.
1827. Weber (E. H.). Ueber vier Längennerven bei einigen Fischen, von denen zwei von dem Trigeminus und zwei vom Vagus entspringen, die die ganze Länge des Rumpfes durchlaufen, av. fig., dans Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie, année 1827, p. 303-308.
1827. Le même. Ueber das Geschmacksorgan der Karpfen und den Ursprung seiner Nerven, av. fig., dans Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie, même année, p. 309-315.
1828. Cuvier et Valenciennes. Histoire naturelle des poissons, t. I.
1832. Bischoff. Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia. Heidelberg.
1834. Van Deen. Dissertatio inauguralis de differentia et nexu inter nervos vitæ animalis et vitæ organicæ. Lugd. Batav.
1834. Le même. Ueber den ramus lateralis nervi vagi bei den Batrachiern, dans Müller's Archiv, 1834, p. 477-480.
1834. Le même. Over de zijdelingsche Takken van de zwervende zenuw (nervus vagus) van den Proteus anguinus (av. 1 pl.), dans Bijdragen tot de natuurkundige Wetenschappen.
1836. Bidder. Neurologische Beobachtungen. Dorpat.

[1] Cet ouvrage m'a fait défaut. Il n'a pas une grande valeur scientifique ; tel est du moins l'avis de Büchner, qui, en parlant des figures qui l'accompagnent, déclare « qu'elles semblent plutôt être le produit de l'imagination de l'auteur que l'imitation de la nature. »

1836. Büchner (G.). Mémoire sur le système nerveux du barbeau, dans les Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg, t. II, p. 26-57, av. pl.

1836. Le même. Sur les nerfs des poissons, dans l'Institut, IV, 1836, n° 174, p. 296-298.

1838. Müller (Joh.). Vergleichende Neurologie der Myxinoïden (av. 4 pl.).

1838. Schlemm et d'Alton. Ueber das Nervensystem des Petromyzon, dans Müller's Archiv, 1838, p. 262-273. Explication des figures qui s'y rapportent, ibid. 1840, p. 5-14.

1839. Bazin. Sur le système nerveux des poissons, dans Extrait des procès-verbaux de la Société philomatique, 1839, p. 83-85.

1839. Hannover. De cartilaginibus, musculis, nervis auris externæ atque de nexu nervi vagi et nervi facialis. Havniæ.

1842. Bidder et Volkmann. Ueber die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems.

1842. Stannius (H.). Ueber die Knochen des Seitenkanals der Fische, dans Froriep's Notizen, vol. XXII, n° 469, p. 97-100.

1843. Fischer (J. G.). Amphibiorum nudorum neurologia. Berol.

1844. Savi (P.). Études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la torpille, av. pl. (à la suite de l'ouvrage de Matteucci : Phénomènes électro-physiologiques des animaux. Paris).

1845. Hyrtl. Lepidosiren paradoxa. Prag.

1846. Girgensohn (O. G. L.). Anatomie und Physiologie des Fischnervensystems (av. 15 pl.), dans les Mémoires présentés à l'Académie de Saint-Pétersbourg, t. V, 1846, p. 257-589[1].

1846. De Siebold et Stannius (H.). Nouveau manuel d'anatomie comparée.

1847. Bidder. Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Leipzig.

1849. Stannius (H.). Das peripherische Nervensystem der Fische anatomisch und physiologisch untersucht (av. 5 pl.). Rostock.

1850. Leydig (Fr.). Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische (av. pl.), dans Müller's Archiv, 1850, p. 170-181.

1851. Le même. Ueber die Nervenknöpfe in den Schleimkanälen von Lepidoleprus, Umbrina und Corvina (av. pl.), dans Müller's Archiv, 1851, p. 235-240.

1856. Vogt (Carl). Ueber die Schleimkanäle der Fische, in Zeitschr. für wissenschaftliche Zoologie, vol. VII, 1856, p. 328-329.

1861. Schulze (Franz-Eilhard). Ueber die Nervenendigungen in den sogenannten Schleimkanälen etc. Müller's Archiv f. Anat. und Physiol.

1866. Blanchard (E.). Les poissons des eaux douces de la France (anatomie, physiologie, description des espèces etc.).

1868. Leydig (Fr.). Ueber Organe eines sechsten Sinnes. Zugleich als Beitrag zur Kenntniss des feinern Baues der Haut bei Amphibien und Reptilien, dans Verhandlungen der kaiserl. Leopoldino-Carolin. deutschen Acad. der Naturforscher; vol. XXXIV, Abhandl. V, p. 1-102 (av. 5 pl.).

1868. Baudelot (E.). Recherches d'anatomie comparée.

[1] Stannius parle en termes très-défavorables de ce mémoire, que je n'ai pu me procurer : « On ne s'étonnera pas, dit-il, de voir que je ne cite pas cet ouvrage pour peu qu'on ait eu l'occasion de constater, comme je l'ai fait, que ce n'est qu'une compilation. » (*Das periph. Nervensyst.*, préface.)

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE I.

Fig. 1. Vue d'ensemble du système latéral du gardon (*leuciscus rutilus*).—*LV*, tronc latéral du pneumogastrique dans la cavité branchiale ; il se porte directement en arrière, s'éloigne ainsi de la branche viscérale (pneumo-gastrique proprement dit) et vient se placer dans le grand interstice ; une partie de la masse musculaire dorsale a été enlevée afin de l'y mettre à découvert. — *F*, sa terminaison superficielle par deux filets destinés au tégument de la nageoire caudale. — *Op*, rameau operculaire très-développé du tronc latéral ; il s'anastomose avec le filet operculaire du trijumeau. — *St*, rameaux surtemporaux ; ils se distribuent aux tubes de la région temporale. — *DV*, rameau de l'interstice supérieur allant se terminer dans la peau de la nageoire dorsale ; *a*, ses filets antérieurs. — *c*, c^1, c^2, c^3 etc., rameaux ventraux du tronc latéral ; ils communiquent les uns avec les autres et, de plus, s'accolent fréquemment au filet ventral (*Iv*) de la branche spinale intermédiaire, pour se rendre ensuite aux écailles du canal latéral et au tégument.

Fig. 2. — Coupe transversale du même poisson en avant de la nageoire dorsale. *LV*, tronc latéral dont une branche (*c*), après avoir contourné le sinus lymphatique (*SL*), s'accole au filet ventral du nerf intermédiaire (*Iv*) et se rend ensuite au canal latéral (*CL*). — *DV*, rameau de l'interstice supérieur ; il ne communique pas avec la branche spinale dorsale (*D*). — *I*, branche intermédiaire bifurquée à son extrémité (*Id*, *Iv*) ; la branche spinale ventrale (*D*) lui donne naissance.

Fig. 3. — Tête du gardon (grossie) ; on a enlevé la peau de la région temporale de façon à mettre à découvert les tubes qui la parcourent. — *1*. Extrémité antérieure du canal latéral (*CL*), qui présente un peu plus en arrière une anomalie de situation : cette extrémité se divise en deux tubes, dont l'un, antéro-postérieur (*2*), se bifurque derrière l'orbite, tandis que l'autre, transversal (*3*), met en communication les canaux de la moitié droite du corps avec ceux de la moitié gauche ; ce dernier envoie une branche dans la direction de l'appareil olfactif. — *LV*, tronc latéral, *DV*, rameau de l'interstice supérieur et ses deux filets antérieurs. — *St*, *St'*, *St''*, rameaux surtemporaux qui accompagnent dans leur trajet les tubes de la région. — *op*, rameau operculaire.

Fig. 4. — Cerveau et moelle allongée du gardon. — Origine du nerf pneumo-gastrique ; l'une de ses racines (R^1), après avoir passé en dehors de la racine (R^2) du pneumo-gastrique proprement dit (*PG*), donne naissance au tronc latéral (*LV*). — Elle reçoit du trijumeau *T* un rameau récurrent (*RT*) qui passe en dedans du nerf acoustique ; de ce rameau récurrent se détache un filet (*rt*) qui se rend aussi à la première racine, mais après s'être placé en dehors du faisceau nerveux du saccule et du glosso-pharyngien. — *Op*, rameau operculaire très-développé. — *St*, *St*, rameaux sus-temporaux. — *DV*, rameau de l'interstice supérieur accolé au tronc latéral dans la première partie de son trajet.

Fig. 5. — Rapports du tronc latéral (*LV*) et d'une de ses branches (*c*) avec le filet ventral (*Iv*) du nerf intermédiaire (voy. fig. 2).

Fig. 6. — Filet horizontal envoyé à la région sus-scapulaire par le rameau de l'interstice supérieur (barbeau).

Fig. 7. — Anomalie du tronc latéral chez le gardon ; il se sépare sur une certaine longueur en deux faisceaux parallèles qui ne tardent pas à se rejoindre.

PLANCHE II.

Fig. 1. — Brochet (*esox lucius*). — Vue du tronc latéral (*LV*) dans l'interstice musculaire ; une grande partie du muscle ventral a été enlevée afin de mettre en évidence ses rapports avec la bifurcation des branches spinales intermédiaires, ainsi que l'accolement de ses rameaux avez les filets ventraux de ces derniers. — *St*, rameaux surtemporaux ; *DV*, origine du rameau de l'interstice supérieur ; c^1, premier rameau de la ligne latérale ; c^2, second rameau, très-long, qui, dans son trajet oblique, s'accole successivement à deux filets ventraux ; c^3, c^4 etc., rameaux suivants.

Fig. 2. — Coupe transversale du même poisson à sa partie moyenne. — *LV*, tronc latéral du vague, fournissant un rameau (*c*) qui s'accole au filet ventral de la branche spinale intermédiaire. — *DV*, rameau dorsal de l'interstice supérieur. — *I*, nerf intermédiaire se bifurquant près de son origine avant d'avoir atteint le tronc latéral. — *D*, *V*, branches spinales, dorsale et ventrale.

Fig. 3. — Nerf operculaire du tronc latéral (*op V*) recevant une anastomose du nerf operculaire du trijumeau (*op T*) et se portant ensuite à la muqueuse de la face interne de l'opercule ; l'os a été enlevé en partie pour mettre à nu cette muqueuse. — *St*, rameaux surtemporaux se distribuant aux tubes de la région temporale. — *DV*, rameau de l'interstice supérieur. — c^1, c^2, premier et deuxième rameaux de la ligne latérale. — *Id*, *Iv*, filets terminaux (dorsal et ventral) du nerf intermédiaire.

Fig. 4. — Origines du pneumo-gastrique par deux racines en forme de bandelettes (R^1, R^2) ; — la première racine (R^1) passe en dehors de la seconde (racine du pneumo-gastrique proprement dit, *PG*), et donne naissance au tronc latéral (*LV*) ; ce dernier fournit successivement le rameau operculaire (*op V*) qui se réunit à un rameau du même nom (*op T*) émané du trijumeau, les deux rameaux surtemporaux (*St*), le rameau de l'interstice supérieur (*DV*) et le premier rameau de la ligne latérale (C^1).

Fig. 5. — Rapports du tronc latéral avec la bifurcation du nerf intermédiaire ; l'une de ses branches (*c*) s'accole au filet ventral (*Iv*) de ce dernier sur une assez grande longueur et le quitte ensuite pour se porter à une écaille de la ligne latérale.

Fig. 6. — *Ll*, ligne latérale formée par des écailles échancrées alternant avec des écailles ordinaires. Des écailles échancrées sont dispersées au-dessus et au-dessous de cette ligne ; elles ébauchent au-dessous de la ligne latérale une ligne semblable très-courte.

Fig. 8. — Corpuscules contenus dans le tube d'une écaille échancrée.

PLANCHE III.

Fig. 1. — Vue d'ensemble du système latéral de la perche (*perca fluviatilis*). — *LV*, tronc latéral du pneumo-gastrique situé d'abord dans la cavité respiratoire, puis dans l'interstice : on l'a mis à découvert sur une certaine longueur dans cette partie de son trajet en enlevant une portion du muscle ventral, ce qui permet de voir en même temps les côtes et les branches spinales ventrales (les nerfs intermédiaires ont été omis à dessein). — *Op*, rameau operculaire (la muqueuse de la face interne de

l'opercule a été mise à nu). — *St*, rameau surtemporal. — *1c*, premier rameau du canal latéral s'anastomosant par les deux premiers filets (ā) avec la branche descendante du nerf latéral du trijumeau (*L'T'*) et fournissant plus loin des filets destinés au canal latéral ; *2c*, *3c*, *4c* etc., rameaux suivants du canal latéral ; ainsi que le premier, ils envoient des filets au canal dans leur portion antéro-postérieure. — *F*, point où le dernier de ces rameaux rejoint le nerf latéral, qui est devenu superficiel et se termine non loin de là par deux filets qui se ramifient à la surface de la nageoire caudale. — *LT*, branche dorsale du nerf latéral du trijumeau.

Fig. 2. — Coupe transversale du même poisson, au niveau du sixième rayon de la première nageoire dorsale. Le nerf latéral (*LV*) est situé dans l'angle formé par la bifurcation de la branche intermédiaire (*I*), mais il ne communique ni avec son filet dorsal (*Id*), ni avec son filet ventral (*Iv*). — *SL*, sinus lymphatique. — *c*, branche du nerf latéral se rendant au canal de ce nom (*CL*). — *LT*, branche dorsale du nerf latéral du trijumeau ; elle s'anastomose avec la branche spinale dorsale (*D*). — *V*, branche spinale ventrale.

Fig. 3. — Vue du plan supérieur du grand interstice musculaire ; cette figure est destinée à mettre en évidence les rapports qui ont conduit certains anatomistes à décrire, entre les branches spinales intermédiaires (*I*) et le tronc latéral (*LV*), des anastomoses qui n'existent pas en réalité ; *2c*, origine du deuxième rameau du canal latéral. — La couche externe du muscle dorsal a été écartée en *AB*, afin de montrer que les filets dorsaux des nerfs intermédiaires se continuent dans l'épaisseur de ce muscle au delà du tronc latéral.

Fig. 4. — Origine du nerf pneumo-gastrique de la perche ; la plus antérieure de ses deux racines (R^1) vient se réunir à la racine postérieure (R^2) au point où cette dernière (dont émane le pneumo-gastrique proprement dit) présente un renflement ganglionnaire ; — le tronc latéral (*LV*), né de la racine antérieure, fournit d'avant en arrière, le rameau operculaire (*Op*), le rameau surtemporal (*St*), et le premier rameau du canal latéral (*1c*) qui émet deux filets anastomotiques (*à*, *à*) ; l'operculaire et le sus-temporal restent unis dans leur partie initiale.

Fig. 5, 6 et 7. — Dispositions diverses présentées par les rameaux du canal latéral dans leur arrangement entre eux (voy. p. 145).

Fig. 8. — Corpuscule d'une écaille du canal latéral de la grémille (*acerina cernua*).

Fig. 9. — Corpuscule d'une écaille du canal latéral de la perche ; une ouverture munie d'un prolongement en entonnoir fait communiquer le canal latéral avec l'extérieur, au niveau de ce corpuscule.

PLANCHE IV.

Fig. 1. — Système latéral de la lotte (*lota fluviatilis*). — *LV*, tronc latéral du pneumo-gastrique : il est situé au dehors et au-dessous de l'interstice et reste sous-cutané dans toute sa longueur. — c^1, premier rameau du canal latéral ; il se divise à son extrémité en deux filets, dont l'un vient rejoindre le rameau suivant. — c^2, second rameau du canal latéral ; il se prolonge en arrière jusque vers le tiers postérieur du corps, où il se termine en se réunissant au tronc latéral. — *LT*, branche dorsale du nerf latéral du trijumeau ; elle s'étend le long de la nageoire dorsale, au bord de l'interstice supérieur, en fournissant des rameaux cutanés descendants, qui n'ont pas été figurés ; ā, filet anastomotique envoyé à cette branche par le premier rameau du canal latéral. — *L'T'*, branche descendante du nerf latéral du trijumeau.

Fig. 2. — Coupe transversale du même poisson, en avant de la nageoire dorsale. — *LV*, tronc laté-

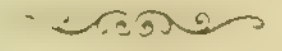
ral fournissant un rameau (*c*) au canal latéral (*CL*). — *Id*, *Iv*, filets dorsal et ventral du nerf intermédiaire. — *LT*, branche dorsale du nerf latéral du trijumeau : elle fournit, en dehors, de longs rameaux cutanés et reçoit, en dedans, des anastomoses de la branche spinale dorsale.

Fig. 3. — Loche d'étang (*cobitis fossilis*). — *DV*, rameau de l'interstice supérieur (émané du tronc latéral du pneumo-gastrique) ; il est croisé en arrière de la tête par la branche dorsale du nerf latéral du trijumeau ; cette dernière, placée plus superficiellement, se porte en arrière parallèlement à la précédente, au-dessous de laquelle elle est située.

Fig. 4 (sur la planche, fig. 6). — Coupe transversale du même poisson ; *LT*, branche dorsale du nerf latéral du trijumeau recevant de la branche spinale dorsale des filets anastomotiques qui cheminent dans l'interstice supérieur. — *DV*, rameau de l'interstice supérieur (du tronc latéral du vague) ; il n'a pas de rapports avec cet interstice et s'étend entre la peau et le muscle grêle supérieur. (Pour l'explication des autres parties de la figure, voy. pl. I, fig. 2.)

Fig. 5. — Système latéral de l'orphie (*esox belone*). — *LV*, nerf latéral du pneumo-gastrique traversant la cavité branchiale pour gagner le grand interstice et le suivre jusqu'à l'extrémité du corps ; une petite portion du muscle dorsal a été enlevée, afin de le montrer dans cette situation. — c^1, c^5, rameaux ventraux du nerf latéral ; ils se rendent au canal latéral placé fort bas, le long duquel ils cheminent. — Du premier de ces rameaux, c^1, partent plusieurs filets, dont le plus antérieur se rend à la partie du canal latéral qui se prolonge en avant sous la tête, ainsi qu'à une petite branche de ce canal qui monte vers la nageoire pectorale.

Fig. 6 (sur la planche, fig. 4). — Rameaux dorsaux du tronc latéral (rameaux du canal latéral) chez le grondin (*trigla gurnardus*). Les deux premiers rameaux (c^1, c^2) naissent du tronc latéral au même point. Ils diffèrent complétement des suivants (c^3, c^4) par leur direction et leur arrangement.



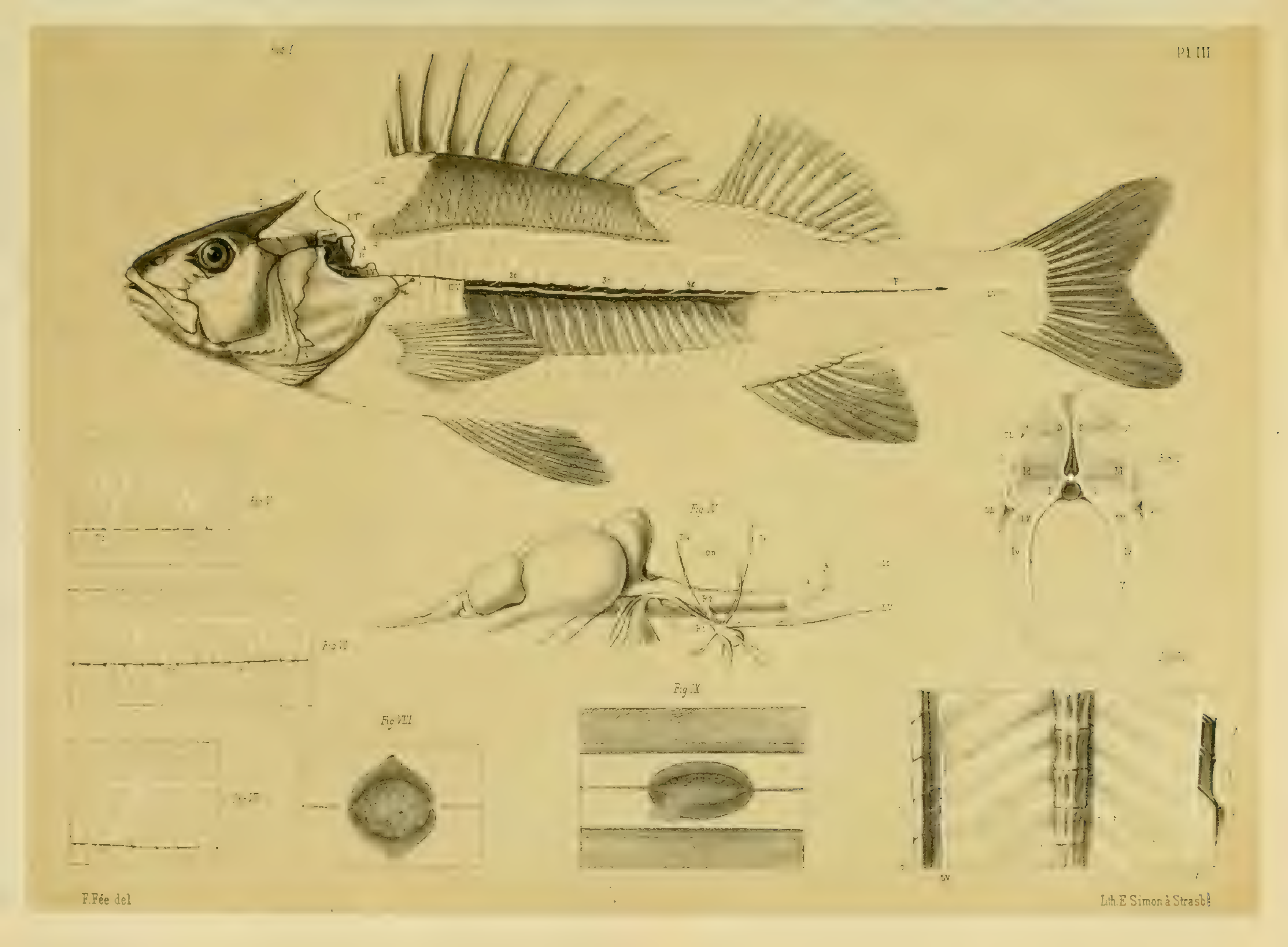


F Fée del

Lith E Simon à Strasb.

J. Fee del.

Lith. E. Simon à Strasb.


Fig IV
Fig IX
Fig VII
F. Fée del
Lith. E Simon à Strasbᵍ

Pl IV

Fig V

Fig VI

Ia

D

D

Ia

T

LV

IV

Fig IV

LT

C3

C4

Fig V

DV

F.Fée del

Lith E. Simon à Strasbg

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LA PÉRIODICITÉ DE LA TENSION.

ÉTUDE

SUR

LES MOUVEMENTS PÉRIODIQUES ET PARATONIQUES DE LA SENSITIVE,

PAR

A. MILLARDET,

DOCTEUR EN MÉDECINE.

> « Veritas, sive in Germania, sive in Succia revelata sit, amplectenda; scientiarum tropæa sunt, non regionis cujusdam, sed generis humani. »
>
> (Fries, *Syst. orb. veg.*).

Ces recherches devaient faire partie d'une monographie des mouvements de la Sensitive; mais je m'aperçus, en la rédigeant, à mesure que mes idées se fixaient davantage, et qu'une lumière plus vive venait éclairer certaines parties de mon sujet, que des ombres plus ou moins épaisses se dessinaient là où je ne les avais point d'abord soupçonnées. L'expérimentateur ne saisit pas toujours du premier coup d'œil tous les rapports de ses observations. Souvent la même conclusion, qui paraissait d'abord nécessaire, ne semble plus que douteuse lorsque la réflexion a permis d'en embrasser toutes les conséquences. C'est ainsi que je m'aperçus qu'une théorie satisfaisante de tous les mouvements d'excitabilité de la Sensitive nécessiterait encore diverses expériences impossibles à exécuter avant le mois d'août prochain. Cependant la partie qui devait traiter des mouvements périodiques et paratoniques me semblait présenter un degré suffisant d'exactitude, et je me décidai à la publier isolément.

J'aurais pu facilement, dans un sujet sur lequel il a été tant écrit, grossir ce travail de développements historiques. Je me suis attaché à signaler seulement le noms des observateurs qui ont fait faire à la question un progrès véritable, et on verra que, dans ce cas, je n'ai pas été avare de citations. Mais j'ai cru bien faire de ne pas exhumer une foule d'erreurs dont le temps a déjà fait justice et dont la discussion n'eût servi qu'à fatiguer le lecteur.

Si quelques personnes trouvent que j'aurais dû être plus court et que je me suis laissé aller à des longueurs et des répétitions, elles feront la part des circonstances : les connaissances sur la tension sont loin d'être répandues également partout, et tandis que là un mot suffirait, ici une page sera nécessaire.

Ce travail est encore fort incomplet : ainsi il manque d'observations suivies sur les mouvements des feuilles dont l'une ou l'autre moitié du renflement moteur a été enlevée, et cependant elles sont indispensables à la théorie des mouvements. On n'y trouvera pas davantage l'explication du mécanisme des mouvements périodiques qu'exécutent les folioles et les pétioles secondaires. Nul doute qu'il n'existe encore beaucoup d'autres imperfections. J'espère néanmoins que si plusieurs points prêtent flanc à la critique, on me tiendra quelque compte de mes recherches fatigantes sur la marche nocturne de la tension.

Avril 1869.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

PRÉLIMINAIRES.

§ 1. *Notions générales et définitions.*

On appelle *tension*, en physiologie, l'état dans lequel se trouvent les tissus ou leurs éléments, lorsque, par une circonstance quelconque, la manifestation de leur élasticité se trouve empêchée, soit qu'ils tendent à s'agrandir, soit qu'ils fassent effort pour prendre des dimensions plus faibles.

Ainsi, dans une jeune tige, la moelle est en état de tension, parce que le bois placé en dehors d'elle l'empêche de s'allonger autant qu'elle le ferait, si elle n'était retenue par ses connexions avec ce dernier tissu. Le bois est également dans le même état par la raison opposée. De même encore, un grain de fécule constitue un appareil en état de tension, si les couches internes tendent à prendre un volume plus grand que celui qui leur est assigné par les couches externes, et réciproquement.

La tension peut être produite par trois causes différentes:

1° La pénétration, dans la cavité des cellules, d'une certaine quantité d'eau, de façon que l'élasticité de leurs membranes entre en action. Ainsi, une cellule de la pulpe d'un fruit ne tarde pas à se gonfler si on la met dans l'eau, le pouvoir endosmotique l'emportant sur le pouvoir de filtration et sur l'élasticité de la membrane: au moment où celle-ci est près d'atteindre ses limites, la tension est à son maximum; si la limite est dépassée, la cellule crève. De même un tissu isolé pourra entrer en état de tension si on le plonge dans l'eau. Cette sorte de tension est plus particulièrement désignée sous le nom de *turgescence* ou de *tension endosmotique.*

2° L'accroissement inégal. Dans un grain de fécule, si l'accroissement des couches externes, par le dépôt de nouvelles molécules organiques, se fait avec plus de rapidité que dans les couches internes, les premières deviennent relativement trop grandes pour les secondes, et tout le système entre en état de tension. Dans un scion, les cellules de la moelle ont, au sortir du bourgeon, une longueur un peu supérieure à celle des cellules de l'épiderme; à cette époque, la tension de l'organe est nulle; mais dès que commence l'élongation de l'organe et que le rapport primitif entre les

longueurs des éléments histologiques de ces deux tissus change, la tension se manifeste. Son intensité augmente tant que le rapport grandit, et décroît ensuite, à mesure que le phénomène inverse se produit.

3° La quantité d'eau contenue dans les membranes cellulaires. C'est ainsi que si l'on ouvre longitudinalement une cellule internodiale de *Nitella* et qu'on la plonge dans l'eau, ses bords, presque contigus à l'origine, se renversent en dehors. De même un lambeau d'épiderme enlevé à la feuille d'un oignon et composé seulement de la paroi externe des cellules épidermiques, augmente considérablement sa courbure initiale et s'enroule en dehors si on le plonge dans l'eau. Les agents qui favorisent le gonflement des membranes (acides, alcalis) portent ces phénomènes à leur dernier degré; sous l'influence des substances avides d'eau (glycérine, sirop), se manifestent des effets opposés.

La tension causée par l'accroissement est beaucoup plus durable que celle qui tire son origine de la quantité d'eau qui remplit les tissus, rien n'étant plus variable que cette dernière condition.

La tension peut donc avoir sa cause seulement dans le contenu de la cellule ou seulement aussi dans sa membrane. Il est difficile de dire, dans un cas donné, quelle est de ces deux causes celle qui entre en jeu ou celle qui prédomine; il paraît très-probable que toutes les deux sont actives à la fois dans la majorité des cas.

La tension endosmotique s'exerce dans tous les sens.

Celle qui a son siége dans les membranes peut s'exercer suivant les trois dimensions de l'espace à la fois, si l'accroissement ou l'imbibition se font inégalement dans chacune d'elles. Elle peut aussi s'exercer seulement dans une ou deux directions, si l'allongement des tissus ou des membranes ne se fait d'une manière inégale que dans un ou deux sens.

Il est clair que pour qu'il y ait tension entre deux tissus ou dans un élément histologique seulement, il faut qu'une partie agisse dans un sens, et l'autre en sens inverse. L'une tendra à prendre des dimensions plus grandes, l'autre à les garder ou à les diminuer. La première agira par son expansivité, la seconde par son élasticité de rétraction. Dans la première, la tension est dite *positive* ou *active*, *négative* ou *passive* dans la seconde. Ainsi, dans un jeune scion, la moelle est en état de tension active, l'épiderme de tension passive, ainsi que le prouve l'isolement des deux tissus; en effet, la moelle s'allonge et l'épiderme se raccourcit; tel est le moyen le plus simple de s'assurer de l'existence de la tension dans un organe.

La tension se manifeste naturellement par des phénomènes de courbure, de torsion, de mouvement, dus à l'action inégale de divers agents sur les tissus actifs et passifs.

Elle est soumise à des variations d'intensité de trois ordres.

Les premières dépendent de l'évolution des organes et des limites dans lesquelles est comprise leur activité. Ainsi, la tension de la moelle, nulle au moment où un entre-nœud sort du bourgeon, augmente à mesure que l'allongement de ce dernier devient plus actif, diminue ensuite progressivement pour disparaître quand il est arrivé à sa longueur définitive. On peut donner à ces variations le nom de *variations d'évolution.*

Les deuxièmes ont leur raison dans les phénomènes les plus généraux de la nutrition des tissus; on n'en a pu découvrir encore la cause immédiate. Elles se reproduisent à des intervalles sensiblement réguliers, quelles que soient les circonstances dans lesquelles on place les végétaux, pourvu que celles-ci soient compatibles avec une vie assez active. Ce sont les *variations périodiques.*

Les troisièmes sont causées par l'influence de divers agents physiques ou chimiques, pesanteur, lumière, chaleur, humidité, substances toxiques etc.; leur manifestation peut être régulière, comme l'action de ces agents, ou irrégulière. Ces variations ont été appelées, par M. Sachs, *paratoniques.*

Comme la nature de ce travail m'interdit de plus longues considérations sur ce sujet et que ces notions générales suffisent à l'intelligence des diverses observations que l'on trouvera plus loin, je me bornerai à signaler les travaux les plus remarquables qui ont paru sur cette nouvelle branche de la physiologie, dont la création est due à M. Hofmeister[1]. Grâce aux travaux de ce savant, la tension fut d'abord dé-

[1] Hofmeister, *Ueber die Beugung saftreicher Pflanzentheile durch Erschütterung* (*Berichte der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1859; *Pringsheim's Jahrbücher*, t. II). — *Ueber die durch Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen* (*ibid.*, 1860; *Pringsheim's Jahrb.*, t. III). — *Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen* (*Flora*, 1862). — Article *Spannung* (*Handb. der physiologischen Botanik*, t. I, 1867).

J. Sachs, *Ueber das Bewegungsorgan und die periodischen Bewegungen der Blätter von Phaseolus und Oxalis* (*Bot. Zeitung*, 1857). — *Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher u. reizbarer Pflanzenorgane* (*Flora*, 1863). — *Handbuch der Experimental-Physiologie*, 1865, et *Lehrb. der Botanik*, 1868, articles *Gewebespannung*. Il existe une traduction française du premier de ces deux ouvrages, par Micheli, 1868.

G. Kraus, *Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen* (*Bot. Zeitung*, 1867). J'ai publié une analyse détaillée de ce Mémoire dans le *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Strasbourg*, t. I, p. 148 à 173.

gagée des erreurs que Dutrochet y avait mêlées, et ses principes furent solidement établis. Depuis ce temps elle est montée, par les recherches de quelques physiologistes, et plus particulièrement de M. Sachs, au rang d'une théorie aussi claire que féconde en déductions. Elle a déjà fait ses preuves dans l'explication de plusieurs phénomènes insolubles jusqu'alors, et l'on doit, à l'heure qu'il est, la regarder comme dominant la question des mouvements végétaux et constituant le seul ordre d'idées qui puisse nous amener à l'intelligence de leur mécanisme.

§ 2. *Description et anatomie de la feuille du Mimosa pudica et de ses organes de mouvement.*

Les feuilles du *Mimosa pudica* se composent, comme chacun le sait, d'un pétiole primaire terminé par une courte languette, au sommet duquel viennent s'attacher une ou deux paires de pétioles secondaires portant une quarantaine de folioles lancéolées, opposées par paires. Au point d'insertion du pétiole primaire sur la tige, celui-ci présente un renflement à peu près cylindrique, de 3 à 4 millimètres de long, sur 1 1/2 à 2 d'épaisseur. Les pétioles secondaires offrent également, à leur point d'attache sur le précédent, un renflement de forme analogue et de dimensions sensiblement moitié moindres. Enfin, les folioles elles-mêmes présentent un épaississement long de $0^{mm},5$ à $0^{mm},8$, lequel fait légèrement saillie vers le milieu de leur base, et se prolonge sur la foliole aussi bien à sa face supérieure qu'à l'inférieure. On sait, depuis Lindsay (1790), que ces renflements sont les organes de mouvement. Ils ont été désignés sous le nom de *renflements moteurs* et de *pulvinules.*

A 1/2 millimètre au-dessous de la base du pulvinule primaire, on voit trois faisceaux fibro-vasculaires se séparer de l'axe de la plante pour se réunir, aussitôt à leur entrée dans le renflement moteur, en un seul faisceau, qui, au sommet de l'organe, se sépare de nouveau en trois divisions inégales. La plus grosse est placée du côté inférieur du pétiole, les deux plus petites au-dessus de celle-ci et sur ses côtés; elles constituent les bords de la gouttière qui sillonne longitudinalement la face supérieure du pétiole. Au sommet de ce dernier, de chaque côté du faisceau fibro-vasculaire principal, part un faisceau volumineux qui, s'anastomosant au petit faisceau latéro-supérieur le plus voisin, se rend dans le pédoncule secondaire inférieur placé de son côté. Après cette première division, le faisceau fibro-vasculaire principal continue sa route, toujours accompagné des deux petits faisceaux latéro-supérieurs, et bientôt se bifurque pour former, en s'unissant à chacun de ces derniers, les deux faisceaux fibro-vasculaires des deux pétioles secondaires supérieurs. Ces derniers sont parcourus de la base au sommet par un gros faisceau fibro-vasculaire, au-dessus du-

quel s'en trouve un plus petit, formant tout le long de leur face supérieure une saillie longitudinale; d'espace en espace émane du faisceau principal une paire de faisceaux très-ténus qui, après s'être anastomosés avec le petit faisceau longitudinal supérieur, entrent dans la paire de folioles correspondantes.

Pour bien comprendre plusieurs particularités dont j'aurai à parler plus tard, il est indispensable d'insister sur la description et l'anatomie des renflements moteurs.

Le pulvinule primaire présente la forme d'un cylindre légèrement atténué au sommet qui se continue avec le pétiole, mais qui est renflé, au contraire, à la base qui se continue avec la tige. Son axe ou hauteur est dirigé dans le sens du pétiole et environ deux fois aussi grand que son diamètre. Sur une coupe longitudinale médiane, il offre au centre un faisceau fibro-vasculaire brillant, autour duquel est placé un tissu plus obscur qui forme à ce dernier une espèce de manchon. Ce tissu, que j'appellerai *érectile* (me réservant de justifier plus tard cette expression), présente des limites nettement tranchées, parfaitement appréciables même à la loupe, et qui permettent d'en déterminer la distribution avec la plus grande certitude. On s'assure facilement que la hauteur du manchon est plus grande du côté inférieur du pulvinule que du supérieur. Plusieurs mesures comparatives faites à sec, sur des coupes longitudinales fraîches, m'ont donné, entre les hauteurs de la moitié inférieure et de la supérieure, les rapports 9/8 et 10/9. Sur une coupe perpendiculaire à l'axe du pulvinule, il existe la même asymétrie. L'épaisseur de la moitié inférieure du manchon de tissu érectile est à celle de la moitié supérieure comme 7 est à 6. Dutrochet[1] donne le rapport 5/3, qui est beaucoup exagéré. Dans le sens perpendiculaire à ce dernier, c'est-à-dire latéralement, il y a symétrie parfaite.

Le tissu érectile se compose de cellules presque rondes, de petites dimensions, très-serrées et laissant dans les angles qui correspondent au point de juxtaposition de quatre cellules un petit méat de forme tétraédrique. Dans quelques circonstances que j'aie examiné ce tissu, jamais, non plus que d'autres observateurs[2], je n'ai trouvé d'air dans ces méats. Ils contiennent donc un liquide. Brücke[3] a fait le premier remarquer que l'épaisseur de la membrane des cellules n'est pas la même dans la moitié supérieure du pulvinule que dans l'inférieure. Elle est à peu près dans le rapport de 3 à 1, c'est-à-dire trois fois plus forte dans les cellules de la moitié supérieure.

[1] Dutrochet, *Mémoires*, t. I. *Du réveil et du sommeil des feuilles*, p. 521.

[2] J. Sachs, *Experimental-Physiologie*, p. 482.

[3] Brücke, *Ueber die Bewegungen der Mimosa pudica* (*Müller's Archiv für Physiologie*, *Anatomie und wissenschaftliche Medicin*, 1848, p. 437, fig. 2 et 3).

Celles-ci présentent, en outre, des ponctuations assez profondes qui doivent favoriser, de cellule à cellule, l'échange de leur contenu. Sur les côtés du pulvinule, l'épaisseur des membranes se modifie peu à peu, de sorte que les cellules de chaque moitié de l'organe passent par degré au type de la moitié opposée. Outre le protoplasma et le liquide cellulaire, qui n'offrent rien de particulier[1], ces cellules présentent toutes, ou presque toutes, dans la région supérieure du pulvinule comme dans l'inférieure, un, très-rarement deux gros globules sphériques, extrêmement réfringents, de couleur jaunâtre. On les a regardés jusqu'à présent comme constitués par une substance huileuse; telle est aussi l'opinion que je m'en suis formée après plusieurs essais. Bien que ces gouttes huileuses se retrouvent dans les pulvinules moteurs de l'*Hedysarum gyrans*[2], il est certain qu'elles ne jouent aucun rôle important dans les phénomènes de mouvement, car elles manquent aux organes moteurs des *Oxalis* et *Phaseolus*[3], du *Robinia* et d'un grand nombre d'autres plantes[4]. On trouve, en outre, dans les cellules, du tissu érectile, des grains de chlorophylle contenant de deux à quatre granules d'amidon. A l'extérieur, ce tissu est recouvert par un épiderme à cellules un peu plus petites que les précédentes, disposées en rangées longitudinales suivant l'axe du pulvinule, à paroi extérieure peu épaisse, renfermant à la partie supérieure de l'organe un liquide coloré en violet, à la partie inférieure des grains de chlorophylle. On n'y voit pas de stomates.

A sa partie interne, le tissu érectile passe peu à peu à un tissu formé de cellules irrégulières, laissant entre elles des méats nombreux et de grande dimension, constamment remplis d'air. On ne remarque dans ces cellules que des grains de chlorophylle, en quantité moins grande que dans le tissu érectile; les globules huileux y font défaut. Ce tissu aérifère forme une zone mince, de l'épaisseur de six à huit couches cellulaires seulement, autour du faisceau fibro-vasculaire central.

Celui-ci a la forme d'un ellipsoïde à grand axe dirigé latéralement. Il se compose, de dehors en dedans, de la partie dure (*Hartbast*), puis de la partie molle du liber (*Weichbast*), à éléments toujours pleins de liquide; ensuite d'un noyau central formé de fibres ligneuses à membranes très-épaisses et ponctuées, au milieu desquelles

[1] Je me suis assuré de la présence dans le tissu érectile d'une forte proportion d'oxalate de potasse. La couleur rougeâtre que prend le suc de la plante, lorsqu'il a été pendant quelque temps en contact avec la lame d'un instrument tranchant, provient de la présence de ce sel. Cette coloration a été mentionnée déjà en 1736 par Du Fay, plus tard par M. Fée dans son *Mémoire sur la Sensitive et les plantes dites* sommeillantes (*Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*, t. IV).

[2] Meyen, *Neues System der Pflanzen-Physiologie*, 1839, t. III, p. 560.

[3] J. Sachs, *Ueber das Bewegungsorgan und die periodischen Bewegungen von Phaseolus und Oxalis* (*Bot. Zeit.*, 1857, p. 796).

[4] H. von Mohl, *Die vegetabilische Zelle*, p. 303 et 307.

sont distribués, en séries radiales, des vaisseaux ponctués et vers le centre des trachées. A part les cellules ligneuses, la cavité de ces éléments m'a toujours paru occupée par un fluide gazeux.

La disposition et la structure des pulvinules secondaires a été à peine étudiée jusqu'à présent. Elle offre avec celle des primaires la plus grande analogie. Pour éviter les répétitions, je ne signalerai que les points qui offrent quelque différence.

Leur forme est régulièrement cylindrique et le manchon de tissu érectile offre une symétrie presque parfaite, tant en hauteur qu'en épaisseur. Les cellules à membranes plus épaisses, au lieu de constituer, comme dans le pulvinule primaire, la moitié supérieure de l'organe, sont disposées obliquement, de façon à n'occuper (le côté qui regarde l'axe du pétiole primaire étant la région interne) que les trois quarts supérieurs de la région externe et le quart supérieur de la région interne. Le tissu à membranes minces occupe l'autre moitié de l'organe, c'est-dire les trois quarts inférieurs de la région interne et le quart inférieur de la région externe. La connaissance de ces dispositions est indispensable pour l'intelligence des mouvements d'excitabilité dans cette portion de la feuille. Un fait également important pour l'explication de ces mêmes mouvements, c'est qu'il existe entre l'épaisseur de la membrane des cellules à parois minces et celle des cellules à parois épaisses une moindre différence que dans le pulvinule primaire. Nous avons vu que dans ce dernier cette différence peut s'exprimer par le rapport 1/3; dans le cas présent elle est représentée par 1/2, c'est-à-dire que la membrane des dernières cellules dont je viens de parler n'atteint que deux fois l'épaisseur des premières. Le contenu de ces cellules est en tout semblable à celui des cellules homologues du pulvinule primaire. L'axe fibro-vasculaire, à part sa forme cylindrique, n'offre rien qui mérite d'être signalé.

Le renflement moteur des folioles, ou pulvinule tertiaire, n'a pas encore été bien étudié jusqu'à ce jour. Aucun observateur, à ma connaissance, n'en a décrit les détails anatomiques, et cependant une connaissance exacte de sa disposition et de sa structure est indispensable pour l'intelligence complète des mouvements dont il est l'organe.

Ce renflement, irrégulièrement quadrilatère et aplati de haut en bas, est inséré sur les côtés du rachis commun, suivant une ligne oblique de haut en bas et d'arrière en avant (la feuille étant supposée dressée contre la tige, et l'observateur placé dans l'axe de la plante). A partir de son point d'attache, il s'élargit légèrement et se termine, en se prolongeant un peu plus à sa partie moyenne que latéralement, sur les deux faces de la foliole. Il forme le pétiole extrêmement court de celle-ci. Sa lon-

gueur totale n'atteint pas un millimètre et sa largeur est encore moindre. La portion inférieure en est plus longue que la supérieure; cette différence de longueur est sensiblement exprimée par le rapport 4/3 [1].

On retrouve dans le pulvinule tertiaire tous les éléments que nous avons signalés dans les précédents; mais, ici encore, ils présentent des particularités importantes à considérer. Ainsi, l'épiderme de la face supérieure présente une quarantaine de stomates légèrement protubérants. C'est là un fait d'autant plus curieux que, d'après ce que l'on sait sur la structure des renflements moteurs en général, les stomates paraissent leur faire absolument défaut. Ainsi que je l'ai dit déjà, ils manquent aux pulvinules primaires et secondaires, ainsi qu'à la partie inférieure des tertiaires. Autant que j'ai pu le voir sur la plante sèche, ils sont pourvus d'une chambre très-petite.

De même que dans les pulvinules primaires et secondaires, au-dessous de l'épiderme se trouve un manchon de tissu érectile qui entoure les faisceaux fibro-vasculaires. Ce tissu est aussi composé de deux sortes de cellules: dans les unes, la membrane est épaisse; mince, au contraire, dans les autres. Le rapport des épaisseurs semble être dans la proportion de 3 à 1, ou plutôt de 7 à 2, car il est un peu plus grand qu'entre les cellules érectiles du pulvinule primaire. Ces deux sortes de cellules sont distribuées en sens inverse de ce qui a lieu dans les deux renflements moteurs dont il a été précédemment question, à savoir: celles qui ont la membrane la plus épaisse à la face inférieure du pulvinule, les autres en haut. Sur les côtés de l'organe elles se fondent peu à peu les unes dans les autres. J'ai dit déjà que la moitié inférieure du pulvinule l'emporte, par ses dimensions en surface, sur la supérieure; il en est de même de son épaisseur. En la mesurant avec soin, j'ai trouvé entre l'épaisseur de la couche inférieure de tissu érectile et celle de la supérieure, le rapport 6/5 [2].

Je montrerai, en traitant des mouvements qui se produisent à la suite d'une excitation dans les folioles, comment ces nouvelles données anatomiques permettent de les expliquer d'une manière simple et exacte en même temps.

En dedans du tissu érectile se trouve une couche mince de tissu a méats aérifères, puis les faisceaux fibro-vasculaires. Ceux-ci se divisent dans l'intérieur du pulvinule et en sortent au nombre de cinq pour former les nervures de la foliole.

Ces connaissances préliminaires une fois acquises, il me sera permis de passer à l'étude des mouvements que présente la Sensitive. Toutefois, pour suivre une marche logique, avant de considérer le phénomène dans son ensemble, il est nécessaire de

[1] J'ai obtenu, pour les pulvinules d'une foliole normale, les mesures suivantes: maximum de longueur de la portion inférieure, $0^{mm},81$; — id. de la supérieure, $0^{mm},57$.

[2] Épaisseur de la couche inférieure dans une foliole normale, $0^{mm},12$; — de la supérieure, $0^{mm},10$.

le décomposer autant que possible, et d'étudier isolément chacun de ses facteurs. C'est ce que je vais faire en exposant de quelles façons varient les rapports des différents tissus que j'ai décrits précédemment, suivant les diverses circonstances où les place l'expérimentation.

§ 3. *Conditions mécaniques générales des mouvements de la feuille du Mimosa pudica.*

La méthode que j'ai suivie est celle qui a été inaugurée par Dutrochet[1], puis appliquée successivement par Brücke[2] et MM. Sachs et Hofmeister. Bien que les développements qui vont suivre soient basés sur des expériences personnelles, je n'ai que peu de chose à ajouter aux observations de mes devanciers. Celles-ci se trouvent résumées dans la *Physiologie* de M. Sachs[3].

Si l'on fend longitudinalement en quatre un pulvinule primaire, au moyen de deux incisions perpendiculaires qui se croisent dans l'axe du faisceau fibro-vasculaire central, on voit ces lambeaux se courber en dedans, de façon que la concavité de la courbure regarde l'axe de l'organe. Le faisceau fibro-vasculaire est donc en état de tension passive relativement au parenchyme érectile.

Mais il n'est pas suffisant de constater la tension dans cet organe; il importe d'en déterminer le siége et d'en comparer l'intensité dans les différentes régions du pulvinule.

L'expérience suivante nous montre que, contrairement à ce qui a lieu dans la plupart des cas, l'épiderme n'est pas le siége d'une tension négative considérable[4]. On taille, par deux incisions antéro-postérieures faites à égale distance de l'axe du pulvinule, une tranche médiane de cet organe, puis on sépare le parenchyme de l'axe fibro-vasculaire en passant le couteau contre celui-ci, mais sans l'intéresser; les deux lambeaux ainsi produits se courbent encore dans le même sens que précédemment, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de tension négative considérable dans l'épiderme, puisque le parenchyme aérifère l'emporte sur lui sous ce rapport. Or la structure de ce dernier tissu est telle qu'il ne peut posséder qu'une tension négative très-faible.

Si l'on divise dans sa partie moyenne chacun des lambeaux dont il vient d'être question en dernier lieu, par une incision parallèle à sa surface extérieure, on obtiendra pour chacun d'eux un lambeau externe et un interne. Dans ce cas, les externes se courbent en dehors et les internes en dedans.

[1] Dutrochet, *Mémoires*, t. I, p. 497 et suiv.
[2] Brücke, Mém. cité, p. 438.
[3] Sachs, *Experimental-Physiologie*, p. 479.
[4] Sachs, *Ibid.*, p. 479.

Les phénomènes de courbure sont quelquefois peu apparents à cause de l'irritation produite sur les tissus; ils deviennent manifestes si on plonge ceux-ci dans l'eau.

J'ai dit que la moitié supérieure du pulvinule se compose de cellules à membranes trois fois plus épaisses que celles des cellules de la moitié inférieure. Cette différence de structure n'a-t-elle aucune influence sur la tension dont ces parties sont le siége? C'est là un point intéressant que j'ai tâché d'éclaircir.

Brücke[1] avait déjà montré que sous l'influence de l'eau la moitié supérieure du pulvinule s'allonge plus que l'inférieure; mais il y a dans ses mesures une cause d'erreur: c'est l'adhérence du tissu érectile au faisceau fibro-vasculaire, adhérence qui empêche le parenchyme d'obéir librement à son pouvoir expansif. Pour me mettre à l'abri de cette cause d'erreur, j'ai d'abord taillé en rectangle une tranche médiane antéro-postérieure du pulvinule, au moyen de deux coupes perpendiculaires à l'axe de l'organe, puis j'ai séparé les deux moitiés du parenchyme du faisceau fibro-vasculaire. Enfin, pour avoir une idée plus nette du pouvoir expansif du tissu érectile dans ses différentes régions, je divisais chacun des lambeaux ainsi obtenus en deux par une coupe parallèle à l'épiderme. J'obtenais ainsi, comme dans la troisième des expériences précitées, deux lambeaux inférieurs et deux supérieurs. Le faisceau fibro-vasculaire servait de terme de comparaison pour apprécier les variations de longueur des lambeaux.

Voici les remarques successives que l'on peut faire dans cette expérience. Ces lambeaux sont d'abord de consistance flasque; ils se laissent facilement courber, surtout les inférieurs. Leur longueur n'est pas égale: les deux supérieurs dépassent toujours les deux inférieurs; de plus, la courbure des premiers est plus notable que celle des seconds. Si on les plonge dans l'eau, les deux lambeaux inférieurs s'allongent et se courbent presque instantanément, les supérieurs beaucoup plus lentement. Au bout de dix minutes, lorsqu'ils ont acquis des dimensions stables, les différences de longueur sont devenues extrêmement manifestes; les deux lambeaux supérieurs sont toujours plus longs que les inférieurs correspondants, et les internes plus courts que les externes.

C'est ce que montrent les mesures suivantes effectuées après dix minutes de séjour dans l'eau.

PREMIER EXEMPLE.

Côté supérieur du pulvinule.		Côté inférieur.	
Lambeau externe	6mm.	Lambeau externe	5mm.
» interne	5,5.	» interne	4,5.

Faisceau fibro-vasculaire . . . . . . 3mm,8.

[1] Brücke, Mém. cité, p. 439.

DEUXIÈME EXEMPLE.

Côté supérieur.		Côté inférieur.	
Lambeau externe	6mm,0.	Lambeau externe	5mm,7.
» interne	5,5.	» interne	5,4.

Faisceau vibro-vasculaire . . . . . . 4mm,0.

TROISIÈME EXEMPLE.

Côté supérieur.		Côté inférieur.	
Lambeau externe	5mm,1.	Lambeau externe	4mm,8.
» interne	4,2.	» interne	4,5.

Faisceau fibro-vasculaire . . . . . . 3mm,4.

Ainsi c'est la moitié supérieure du pulvinule qui, sous l'influence de l'eau, s'allonge le plus pour une longueur donnée. Il semble, d'après cela, que la tension doive être plus grande dans cette moitié supérieure que dans l'inférieure. On comprendra cependant qu'il puisse en être autrement, si l'on se rappelle que l'intensité de la tension, toutes choses égales d'ailleurs, dépend du volume des tissus en tension active. Or nous avons vu que la moitié inférieure du manchon de tissu érectile offre une hauteur supérieure de 1/8 au moins à celle de la moitié supérieure, et qu'elle dépasse également cette dernière en épaisseur de 1/6. Ces différences de dimensions compensent l'expansivité plus grande de la moitié supérieure du pulvinule, et expliquent comment, à l'état normal, la portion inférieure exerce une action prépondérante.

On a déjà tiré la conclusion de ces développements. A l'état normal, c'est-à-dire sur la plante vivante, les moitiés supérieure et inférieure du pulvinule luttent incessamment l'une contre l'autre à la manière de deux ressorts opposés : chacune s'efforce de courber son antagoniste en dehors. La moitié inférieure a, de plus, à résister à l'action de la pesanteur, le poids de la feuille paralysant une partie de son énergie ; aussi (le pétiole étant presque toujours au-dessus de l'horizontale) est-elle, de fait, capable de produire un effort plus considérable que l'autre. De ces deux actions inverses résulte une tension considérable et un certain état d'équilibre, que le pétiole primaire, associé, grâce à son faisceau fibro-vasculaire, aux moindres mouvements du pulvinule, indique par sa position comme une aiguille sur un cadran. La tension vient-elle à changer dans une des moitiés de l'organe, l'équilibre est rompu, et le pétiole abandonne sa position primitive pour en prendre une nouvelle en rapport avec les changements qui se sont produits.

Il me reste à parler de la cause immédiate des variations de tension dans le pulvinule.

Ainsi qu'on le sait, la tension est l'état dans lequel se trouvent deux ou plusieurs

tissus intimement unis, lesquels sont susceptibles de prendre, si on les sépare, des dimensions différentes dans un ou deux sens donnés. Elle augmente quand, toutes choses égales d'ailleurs, cette différence de dimension augmente, et diminue dans le cas contraire. On a vu, par les observations précédentes, que la longueur des lambeaux du tissu érectile augmente si on les plonge dans l'eau pour leur en faire absorber une plus grande quantité; si, au contraire, on leur en retire au moyen de liquides tels que la glycérine, l'eau sucrée, elle diminue. Les mêmes phénomènes se produisent si on plonge dans l'eau ou dans la glycérine, non un lambeau du pulvinule, mais cet organe tout entier; on voit alors sa longueur, son épaisseur, sa courbure et sa rigidité varier suivant qu'on l'a mis dans un de ces deux liquides. Quoi de plus naturel que d'appliquer ce même principe aux variations de tension du pulvinule à l'état physiologique normal? La concordance de ces phénomènes naturels avec ce que l'on sait des variations de distribution de la séve dans les tissus, de la diffusion, des changements dans la quantité d'eau contenue dans le protoplasma aussi bien que dans celle qui imbibe les membranes, tout, jusqu'à la grande simplicité de l'explication, se réunit pour l'imposer à l'esprit. C'est cette théorie, certainement très-ancienne si l'on remontait à son principe, qui, perfectionnée dans ces dernières années par les travaux des premiers physiologistes de l'Allemagne, sert actuellement de base à nos connaissances sur la mécanique des mouvements végétaux.

L'eau est donc l'agent le plus immédiat des variations rapides ou périodiques de la tension. Dutrochet[1] regardait l'augmentation de volume des tissus sous son influence comme produite uniquement par la turgescence endosmotique des cellules. M. Hofmeister[2] a fait voir que des coupes de tissu érectile, assez minces pour que toutes les cellules en soient ouvertes, subissent encore une augmentation de dimensions sous l'influence de l'eau, et une diminution par les agents déshydratants. Les variations de tension que nous considérons dans ce travail sont déterminées à la fois par les variations dans la turgescence endosmotique et la quantité d'eau qui imbibe les membranes.

D'après ce que nous venons de dire, on doit s'attendre à ce que tous les agents qui ont une influence sur l'endosmose cellulaire et l'imbibition des membranes par l'eau modifient profondément la tension. Une étude générale de ces phénomènes ne peut trouver place dans cette monographie; je me bornerai à rendre compte plus loin de quelques recherches particulières à ce sujet[3].

[1] Dutrochet, *Mémoires*, t. I. *Du réveil et du sommeil des feuilles.*

[2] Hofmeister, *Ueber die Beugung saftreicher Pflanzentheile nach Erschütterung* (*Berichte der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1859, p. 194).

[3] Dans la partie qui a rapport aux influences paratoniques.

Ces notions générales sur le mécanisme des mouvements dans le pulvinule primaire s'appliquent facilement aux pulvinules secondaires et tertiaires : le lecteur saura bien lui-même les modifier là ou la structure anatomique èt les différences de rapports des tissus l'exigent.

CHAPITRE II.

VARIATIONS PÉRIODIQUES DE LA TENSION DANS LE MIMOSA PUDICA.

§ 1. *Considérations préliminaires.*

Les mouvements périodiques et paratoniques des feuilles de la Sensitive n'ont lieu qu'entre certaines limites de température, d'humidité, de lumière, qui déterminent les conditions les plus favorables pour la vie de la plante. Hors de ces limites, celle-ci tombe dans l'état de rigidité[1] : l'excitabilité a disparu, les feuilles, comme paralysées, n'exécutent plus leurs mouvements de sommeil et de veille; la vie persiste encore, mais semble réduite à un minimum d'activité. Je ne fais que mentionner ce phénomène pour le moment; j'aurai à y revenir assez longuement par la suite.

Tout le monde connaît les curieux phénomènes que l'on désigne sous le nom de *sommeil* et de *veille* de la Sensitive, ainsi que la régularité avec laquelle ils se succèdent périodiquement et avec des durées qui correspondent sensiblement à celles du jour et de la nuit. Mais si la veille et le sommeil sont faciles à reconnaître et nettement caractérisés, il s'en faut que la position de toutes les parties de la feuille, pendant chacun de ces deux états, ait attiré au même degré l'attention des observateurs. La plupart n'ont pris garde qu'à la disposition des folioles, négligeant celle des pétioles primaires et secondaires, qui subissent des changements moins apparents. Il n'est donc pas étonnant que, jusqu'à Brücke (1848), on ait confondu ensemble sous le nom de *sommeil* la position nocturne des feuilles et celle qu'elles prennent après une excitation; dans ces deux cas, en effet, la disposition des folioles est la même. Réunir ces deux phénomènes sous un même point de vue semblait d'autant plus naturel qu'à l'entrée de la nuit les pétioles primaires sont légèrement abaissés, mais à un degré beaucoup moindre qu'après l'irritation, et que les pétioles secondaires ont également dans les deux cas une position analogue. Comme la disposition des folioles est invariable pendant la nuit, on en avait tiré la conclusion que les pétioles primaires et secondaires persistaient également tout ce temps dans leur abaissement initial jus-

[1] Sachs, *Die vorübergehenden Starre-Zustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane* (*Flora*, 1863, p. 449).

qu'au matin, où on les retrouvait à peu près dans la même position qu'à l'entrée de la nuit précédente.

En 1866, M. Bert[1], dans un des meilleurs mémoires que nous ayons eus en France sur ce sujet, montra qu'il n'en est point ainsi : les pétioles primaires, abaissés à l'entrée de la nuit, se relèvent de plus en plus à partir de dix heures du soir jusque vers quatre ou cinq heures du matin, où ils atteignent une hauteur maximum. A compter de ce moment, ils commencent à s'incliner jusqu'au soir, pour arriver ainsi à leur minimum d'élévation. Le maximum et le minimum d'élévation se présentent donc généralement pendant l'état nocturne[2].

C'est là un fait très-important pour l'histoire de la périodicité de la tension. MM. Hofmeister[3] et Sachs[4] avaient montré, dans différents écrits, que ces mouvements de sommeil et de veille sont produits par des variations périodiques dans la tension des tissus des organes qui en sont le siége. En 1867, M. Kraus[5], dans un mémoire que j'aurai souvent l'occasion de citer par la suite, et qui est consacré spécialement à l'étude de la tension dans les tiges, arriva, quant à ce qui touche la périodicité des phénomènes de tension, à des résultats fort importants. Grâce à un très-grand nombre d'expériences, il put établir cette loi générale que, dans les axes, la tension varie sans cesse et présente des périodes de différentes durées. La plus remarquable est la période diurne. Elle se traduit dans les conditions biologiques normales par une diminution graduelle et continue de la tension, à partir des premières heures de la matinée jusque vers le milieu de la journée; deux heures est généralement l'heure du minimum. A compter de ce moment, la tension augmente peu à peu jusqu'au soir, où elle arrive à l'intensité qu'elle présentait le matin[6].

L'existence et la marche de la période diurne une fois constatées dans les tiges, il était naturel de chercher à étendre les résultats obtenus sur ces organes aux feuilles elles-mêmes. C'est ce que fit M. Kraus, en mesurant la marche de la tension sur une branche d'*Amicia zygomeris*, tandis qu'il observait au même moment les changements de position que présentaient les feuilles du même individu. Les variations dans les deux organes se trouvèrent parfaitement concordantes. Il en conclut que les va-

[1] Bert, *Recherches sur les mouvements de la Sensitive*, dans *Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1866.

[2] Mémoire cité, tirage à part, p. 12.

[3] Hofmeister, *Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen* (*Flora*, 1862, p. 515). — *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867, p. 327.

[4] Sachs, *Experimental-Physiologie*, 1865, p. 492.

[5] Kraus, *Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen* (*Habilitationsschrift*, 1867). Reproduit dans le *Bot. Zeit.*, 1867, nos 14 à 18.

[6] Kraus, Mémoire cité, p. 16, et *Bot. Zeit.* p. 122.

riations périodiques de tension dans les renflements moteurs des feuilles, variations qui déterminent les mouvements de ces derniers organes, ne sont qu'un phénomène concomitant des variations périodiques de tension dans la plante tout entière[1].

L'observation de M. Bert, que l'auteur de ce dernier travail ne connaissait pas, acquiert, quand on la rapproche de ces derniers résultats, une importance plus grande que lui-même ne l'a pensé. Il ne s'agit plus seulement d'un phénomène isolé dans la tension du pulvinule moteur du *Mimosa*, mais de la périodicité de la tension considérée comme phénomène général aux végétaux. Non-seulement la série des modifications de tension dans les feuilles de la Sensitive se trouve complétée et expliquée par la connaissance de la position nocturne de ces organes, mais la marche de la tension en général, pendant la nuit, presque inconnue jusqu'alors[2], en reçoit quelque lumière.

Toutefois ce n'était là qu'une indication sur la marche nocturne de la tension. Il fallait, pour en tirer tout le parti possible, vérifier d'abord les observations de M. Bert, et comme elles n'avaient été faites qu'à des intervalles assez éloignés, les multiplier afin de suivre le phénomène de plus près. Il importait ensuite de soumettre à un nouvel examen les assertions de M. Kraus sur la corrélation des variations de tension de l'axe végétal et des feuilles, afin de compléter et d'expliquer les deux phénomènes l'un par l'autre. Je m'attacherai d'abord à cette dernière question, et commencerai l'étude de la simultanéité des variations de tension dans le *Mimosa* tout entier, par la recherche de ces variations dans la tige seulement.

§ 2. *Variations périodiques de la tension dans la tige.*

Pour observer les variations de tension dans la tige du *Mimosa*, je n'ai pu employer aucune des méthodes mises en usage jusqu'à ce jour. Après de nombreux tâtonnements, je me suis arrêté à la suivante :

Je plaçais sur une table, tout près d'un fenêtre donnant à l'est, une Sensitive inclinée à 45° sur l'horizon, en ayant soin d'orienter son axe perpendiculairement à la direction des rayons lumineux, c'est-à-dire parallèlement à la fenêtre. L'effet de l'héliotropisme, s'il s'en produisait quelqu'un, devait être sensiblement annulé par cette dernière précaution. Je fixais ensuite le pot qui la contenait dans une position immuable en le mettant dans une petite caisse en bois contenant du sable mouillé bien

[1] Kraus, Mém. cité, p. 28, et *Bot. Zeit.* p. 141.

[2] Plusieurs observateurs ont fait mention de l'accroissement de la tension à l'entrée de la nuit; mais je ne connais sur la marche du phénomène pendant la nuit que l'observation suivante de Brücke : dans le Mémoire déjà cité, p. 452, il dit que la tension des pulvinules primaires du *Mimosa* est plus grande vers sept heures du soir que pendant la journée, et que pendant la nuit elle *augmente encore*.

tassé tout autour; la plante elle-même était solidement attachée en plusieurs points à un tuteur enfoncé dans le pot, et qui la soutenait jusqu'à 6 centimètres environ au-dessous du sommet. Je coupais vers leur base les feuilles placées au-dessus de ce dernier point, et qui, par leurs mouvements, auraient pu influencer la position du sommet de la tige. J'attachais au sommet de celui des entre-nœuds supérieurs qui présentaient une longueur de 1 centimètre à 1 1/2 centimètre au plus, un fil de soie aussi fin que possible[1], de 30 centimètres de longueur, dont l'extrémité inférieure était nouée à une des extrémités d'une aiguille oscillant autour d'un axe horizontal dans un plan vertical.

Voici quelles étaient les conditions de sensibilité de cet appareil : d'abord la rectitude parfaite du fil; ensuite l'oscillation facile de l'aiguille autour de son point de suspension; enfin le déplacement, dans une longueur appréciable à l'œil, d'une des extrémités de l'aiguille au moindre mouvement de l'autre.

J'arrivai à rendre le fil parfaitement uni et rectiligne en le mouillant, puis le laissant sécher. Quant à la deuxième condition, j'eus soin que mon aiguille fut presque astatique, le point de suspension étant très-rapproché de son centre de gravité; cependant l'extrémité à laquelle était attaché le fil l'emportait toujours de quelques centigrammes. Enfin, pour traduire les déplacements les plus minimes d'une des extrémités par un déplacement appréciable de l'autre, je n'eus qu'à donner aux bras de levier des longueurs différentes. J'employai d'abord des aiguilles d'acier dont le bras le plus long était de 8 centimètres, le plus petit de 1. En dernier lieu je fis usage d'une aiguille en verre filé, d'une légèreté et d'une ténuité extrêmes; le bras le plus long avait 31 centimètres; le plus court, c'est-à-dire du centre d'oscillation au point d'attache du fil, 17 millimètres. Grâce à cette disposition, un déplacement vertical d'un centième de millimètre dans l'extrémité du bras le plus court de l'aiguille était rendu parfaitement appréciable par l'oscillation du bras le plus long.

Derrière l'aiguille était fixé solidement, dans un plan vertical, un cadran en carton bien plan divisé en millimètres et demi-millimètres, pour les aiguilles en acier, et en degrés et cinquièmes de degrés pour l'aiguille en verre dont j'ai parlé plus haut. L'extrémité du bras le plus long de l'aiguille était colorée en noir et oscillait à 1/2 millimètre du cadran, de façon qu'il n'y eût pas le moindre frottement. L'appareil était tellement sensible que l'ébranlement causé par la marche de quelqu'un dans la chambre se traduisait par des oscillations de plusieurs degrés.

Comment cet appareil pouvait-il me renseigner sur les variations de tension dans la tige? C'est ce que quelques mots vont faire comprendre.

[1] Je me suis servi des fils les plus fins qui composent un fil de soie ordinaire.

Les axes en voie d'élongation et en état de tension longitudinale ont la propriété, lorsqu'ils sont éloignés de la verticale et placés dans une direction horizontale ou oblique, de se courber vers le zénith sous l'influence de la pesanteur[1]. Le maximum de cette courbure est toujours placé dans celui des entre-nœuds de la tige qui offre la tension longitudinale la plus considérable[2]; chez le *Mimosa*, dans l'entre-nœud qui offre une longueur de 1 à 1 1/2 centimètre. Ce redressement dans la partie terminale de la tige reconnaît pour cause immédiate une variation dans la tension des tissus placés du côté inférieur. L'épiderme de ce côté perd d'abord une partie de son élasticité, et le parenchyme subjacent pouvant dès lors obéir à son expansivité, s'étend; le côté inférieur devient ainsi plus long et courbe la tige du côté opposé, c'est-à-dire vers le zénith[3]. Ces changements dans la longueur relative des tissus ne sont que transitoires à l'origine, et disparaissent, si, aussitôt que la courbure a commencé à se manifester, l'organe en expérience est placé dans une position inverse. La courbure s'efface alors. Elle persiste, au contraire, si la position primitive ne change pas, parce qu'il se produit un accroissement inégal des différents tissus, qui fixe ceux-ci dans la position que leur avait donnée primitivement le changement de tension[4]. On voit comment, dans une tige ainsi courbée, la position du bourgeon terminal dépend de la grandeur de la tension et doit en indiquer les variations. En effet, la portion de la tige qui se courbe lutte sans cesse contre le poids des parties terminales; plus sa tension est grande, plus la force déployée par elle est considérable, et plus elle tend à augmenter la courbure, à relever l'extrémité de la tige. De même, plus la tension est faible, moins la force qui lutte contre la pesanteur est énergique et plus la courbure tend à s'effacer et le point terminal de la tige à s'abaisser.

Si le redressement de la tige eût dépendu seulement de variations dans l'intensité de la tension, son extrémité, après s'être élevée sous l'influence d'une augmentation d'intensité, aurait dû redescendre à sa position initiale, lorsque la tension, diminuant, serait retombée à son état primitif. Mais il n'en est point ainsi. On a vu plus haut que, lorsque la position de l'organe courbé ne varie pas, l'accroissement des tissus vient, au bout de peu de temps, fixer la courbure et la rendre indépendante, dans certaines limites, des variations ultérieures de la tension. Ainsi, la tension peut, après avoir augmenté, redescendre à sa grandeur originelle sans que l'extrémité de la tige retombe à la position qu'elle avait d'abord. Cela tient aux changements anatomiques qui se sont produits dans l'intervalle. Néanmoins une diminution de tension

[1] Hofmeister, *Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen* (*Berichte der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1860).

[2] Kraus, Mémoire cité, p. 22, et *Bot. Zeit.*, p. 131.

[3] Hofmeister, dernier Mémoire cité, p. 126.

[4] Comparez Sachs, *Experimental-Physiologie*, p. 506 et 509, et *Lehrbuch der Botanik*, p. 518.

se traduit toujours, dans l'expérience dont il est ici question, par une diminution de courbure, et réciproquement.

Ainsi, en résumé, pour déduire des tables de tension que je donne, la marche du phénomène, il faut avoir égard, d'abord, aux variations dans le mouvement de l'aiguille, et, en second lieu, à la rapidité avec laquelle s'effectue le mouvement, soit ascendant, soit descendant.

J'ai fait sur ce sujet une douzaine d'expériences; je n'en cite que les plus concluantes, non que les autres m'aient donné des résultats contraires, mais parce que, faites en premier lieu, à une époque où je n'avais pas encore perfectionné mon mode d'observation, elles sont moins probantes et plus difficiles à interpréter. On les trouvera dans la deuxième partie de ce Mémoire, p. 52 (obs. 1, 2, 3 et 4).

Si l'on considère avec attention, isolément d'abord, les résultats de ces quatre observations, puis qu'on les compare entre eux, on arrivera aux conclusions suivantes sur la marche de la tension dans les tiges du *Mimosa* :

La tension augmente dès 6 à 7 heures du soir; sa marche, d'abord lente, devient de plus en plus rapide à partir de 10 heures environ jusqu'au jour. C'est entre 5 et 7 heures du matin qu'elle atteint son maximum (*maximum de la fin de la nuit*). A ce moment a lieu une diminution; elle tombe brusquement à un minimum (*minimum du matin*) : obs. 2, 13 et 14 septembre; obs. 3, 20 septembre; ou bien elle s'arrête quelque temps et semble demeurer stationnaire.

A compter de ce premier minimum, elle descend lentement jusque vers le milieu de la journée : obs. 4, 19 septembre; ou bien, avant de descendre, remonte un peu (*maximum de la matinée*) : obs. 4, 20 septembre. Quoi qu'il en soit de ces deux marches peu différentes, elle arrive, dans les deux cas, à un minimum régulier entre 11 heures du matin et 2 1/2 heures du soir; c'est le *minimum du milieu du jour*.

Après ce second minimum, on voit la tension se comporter de diverses façons :

1° Elle augmente lentement jusqu'au soir : obs. 2, 12 septembre; obs. 3, 18 septembre.

2° Elle subit quelques oscillations peu étendues, pour ne commencer à augmenter que vers le soir : obs. 1, 22 septembre; obs. 2, 13 septembre; obs. 4, 18 et 20 septembre.

3° Elle croît un peu (*maximum de l'après-dînée*) pour diminuer ensuite jusque vers le soir (*minimum du soir*) : obs. 3, 19 septembre; obs. 4, 19 septembre.

4° Enfin, elle décroît jusque vers le soir (*minimum du soir*) : obs. 1, 21 septembre; obs. 3, 20 septembre. Le minimum du soir est situé entre 5 1/2 heures et 7 heures.

En résumé, la tension est plus grande la nuit que le jour.

Pendant tout ce temps, elle est soumise à des oscillations d'intensité et de régularité plus ou moins grandes, d'où résultent des *maxima* et des *minima*, les uns, principaux, ne manquant jamais; les autres, accessoires, sont sujets à varier.

Le *maximum principal* est celui de la *fin de la nuit* (5 à 7 heures du matin).

Les deux *accessoires* sont celui de la *matinée* (9 heures) et celui de l'*après-dînée* (3 1/2 heures).

Le *minimum principal* est celui du *milieu de la journée* (11 heures du matin à 2 1/2 heures du soir).

Les deux *accessoires* sont celui du *matin* (6 heures) et celui du *soir* (6 à 7 heures).

Les deux oscillations principales ont des heures parfaitement fixes; les accessoires se manifestent à peu près deux à trois heures après le maximum ou le minimum qui les a précédées.

Les deux oscillations accessoires *les plus variables* sont le *maximum de la matinée* et celui de l'*après-dînée.*

Dans les intervalles qui séparent ces grands mouvements de la tension, mouvements de premier et de deuxième ordre, se produisent des oscillations d'une amplitude moindre (oscillations de troisième ordre), qui ne dépassent guère une heure en durée, autant du moins qu'on en peut juger par des observations faites toutes les demi-heures ou toutes les heures seulement.

Ces résultats s'accordent parfaitement avec ceux que M. Kraus, dans son Mémoire déjà cité, a obtenus sur la variation de la tension dans les tiges pendant la journée. Son minimum du milieu du jour coïncide parfaitement avec le mien. Malheureusement sa méthode était d'une application longue et souvent fatigante; il lui était presque impossible de répéter assez souvent les observations pour saisir les oscillations de deuxième ordre, à supposer qu'elles aient toujours existé. Aussi n'en a-t-il point fait mention. Je retrouve cependant parmi ses observations quelques faits qui viennent corroborer mes conclusions; je citerai notamment:

Pour l'existence du *maximum de l'après-dînée*, à 2 3/4 heures : tab. VIII, I, 9.

Pour celle du *minimum du soir*, après 4 heures : tab. VIII, II, 4, I et III, ainsi que tab. VIII, II, 7, II et III, à 5 heures du soir ou après[1].

[1] Les observations de M. Hofmeister, consignées dans la *Flora*, 1862 (*Ueber die Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen*), ne me semblent avoir que très-peu de rapports avec l'objet de ce Mémoire; je ne fais que les signaler. Il n'en est pas de même de ses observations sur le redressement nocturne des cotylédons dans les jeunes plantes de toutes les espèces de Caryophyllées qu'il a examinées a cet effet. Elles montrent que la tension s'accroit dans ces organes dès le soir et pendant la nuit. Suivant le même auteur, les feuilles des têtes des choux et du *Pistia Stratiotes* sont plus

M. Kraus, à qui je fis part au mois d'août dernier de mes recherches sur la marche nocturne de la tension, institua de son côté, pendant le mois de septembre, des expériences sur le même phénomène. Il a eu l'obligeance de me communiquer une note complétement inédite sur ce sujet. On en trouvera la traduction dans la seconde partie de ce travail, à la p. 58. Elle contient la suite de ses observations dans neuf expériences différentes, toutes faites d'après la méthode dont il s'est servi dans le travail que j'ai cité précédemment, et sur des troncs ou des branches d'arbres d'une grosseur assez considérable (de 58 à 290 millimètres de circonférence). Ces résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils ont été obtenus d'une manière différente de la mienne, et que les plantes qui les ont fournis étaient non plus des plantes exotiques vivant dans la chambre et de petites dimensions, mais des arbres indigènes.

De ces tables, je tire avec lui les conclusions suivantes :

Pendant la nuit, la tension est plus grande que pendant la journée.

Elle présente un *grand maximum*, qui coïncide avec l'aube du jour, un *minimum* au milieu de la journée et un *petit maximum* au commencement de la nuit.

Outre ces oscillations principales, on reconnaît encore, dans leurs intervalles, des oscillations plus courtes, régulières ou non.

Les deux oscillations principales sont nettement accusées : d'une part, le *maximum de la fin de la nuit* (vers 5 heures du matin); de l'autre, le *minimum du milieu de la journée.*

Les oscillations secondaires, à part le *minimum du matin*, ne sont pas appréciables. Dans toutes les observations, la tension décroît depuis le grand maximum jusque vers midi; dans presque toutes (4, 13 septembre; 9), elle augmente à partir de ce moment jusqu'au soir. Toutefois on trouve dans quelques cas une légère augmentation suivie d'une diminution vers 9 1/2 heures du soir (2, 2 septembre; 3, 3 septembre; 6; 8; 9, 24 septembre).

rapprochées pendant la nuit (*Die Lehre von der Pflanzenzelle*, p. 327) que dans la journée. La rigidité des organes de mouvement des *Oxalis acetosella* et *lasiandra* est plus grande la nuit que le jour. L'angle que font avec l'horizontale les pétioles des feuilles du *Malva sylvestris* est plus grand la nuit que le jour. De même pour les folioles du *Trifolium pratense* (id., p. 329 et 330). Enfin, c'est pendant la nuit, d'après le même observateur, que se produisent la plupart des courbures que présentent les racines croissant horizontalement (*Bot. Zeit.*, 1869, p. 37).

M. Duval-Jouve a publié dernièrement (*Bull. de la Soc. bot. de France*, 1868, p. 12) quelques mesures de l'écartement que présentent à différentes heures de la journée les deux feuilles supérieures de jeunes *Bryophyllum calycinum*. Il résulte de ses observations que chez cette plante le minimum de tension, c'est-à-dire le maximum d'écartement, se trouve, en novembre et décembre, vers deux heures de l'après-midi. A dater de ce moment, la tension augmente jusqu'au soir. Elle diminue de huit heures du matin jusque vers le milieu de la journée.

Tous ces faits concordent parfaitement avec mes conclusions.

Le *minimum du matin* est beaucoup plus marqué que pour le *Mimosa;* il se manifeste par une chute subite de la tension au moment où il commence à faire grand jour.

Pendant la nuit (comme dans mon obs. 1, 22 septembre, p. 53), la tension subit des oscillations de courte durée.

On voit que ces résulats concordent parfaitement avec ceux que j'ai obtenus pour les tiges du *Mimosa*, du moins quant aux points essentiels, j'entends les deux oscillations principales. Si, dans l'intervalle, la tension suit une marche un peu différente dans les deux séries d'expériences, il faut se rappeler que l'on a affaire d'un côté à une plante de petite dimension, feuillée dans toute son étendue; de l'autre, à des tiges de diamètre considérable, pourvues de feuilles seulement dans leurs points extrêmes, et que, dans ces deux cas, la lumière, la température, la respiration et la transpiration peuvent exercer des influences différentes sur la marche des oscillations secondaires. Cette différence trouvera son explication dans le chapitre consacré aux influences paratoniques.

§ 3. *Variations périodiques de la tension dans les feuilles et mouvements périodiques*[1].

Dans les développements qui vont suivre, je considérerai presque exclusivement les pétioles primaires, mes observations sur la marche de la tension dans les pulvinules

[1] Il ne sera pas superflu de donner d'abord une courte description des mouvements périodiques qu'exécutent les feuilles du *Mimosa*, d'autant moins que tous les auteurs qui se sont occupés de cette question n'ont pris en considération que les particularités les plus frappantes du phénomène.

A l'entrée de la nuit, le pétiole primaire s'abaisse lentement. La position de sommeil débute par le sommet de la plante. On voit d'abord, au milieu de la marche descendante du pétiole primaire, la feuille supérieure plier ses folioles (vers la tombée de la nuit). En même temps, les pétioles secondaires se rapprochent lentement, tout en restant à peu près parallèles au pétiole primaire. Ces mouvements sont imités successivement, de haut en bas, par la deuxième, troisième etc... feuilles. Les plus inférieures rapprochent souvent à peine leurs folioles et leurs pétioles secondaires, et passent la nuit dans cette position intermédiaire entre la veille et le sommeil. Pendant ces mouvements, les pétioles primaires continuent à s'abaisser; enfin, lorsque les pétioles secondaires sont arrivés à former entre eux le plus petit angle posssible (10 à 15 degrés), et que les folioles sont bien imbriquées et couchées le long de leur rachis, on voit le pétiole primaire se relever lentement. En même temps les pétioles secondaires commencent à s'écarter (onze heures à minuit): puis, comme ils étaient jusque là placés dans la direction du pétiole primaire, ils s'abaissent, les deux inférieurs les premiers, les supérieurs ensuite, de manière à arriver à former avec le pétiole primaire un angle de 100 à 120 degrés. Leur écartement augmente lentement, et à mesure qu'il se produit, au temps d'abaissement succède un temps d'élévation (deux à trois heures du matin). Elle débute par les deux pétioles secondaires inférieurs, qui s'élèvent lentement au-dessus des autres, de façon à se remettre dans la direction du pétiole primaire. Les deux secondaires supérieurs suivent lentement ce mouvement, tout en continuant à s'écarter; enfin, lorsque tout les quatre sont suffisamment étalés (quatre à cinq heures), les pétioles primaires étant arrivés à leur maximum d'élévation, la position de veille des folioles se déclare. Ce sont celles des feuilles inférieures qui commencent à s'écarter à mesure que les pétioles s'abaissent point)

secondaires et tertiaires ne me permettant pas de donner du phénomène une explication certaine.

Afin d'apprécier les *mouvements des feuilles du Mimosa* et, par suite, les variations de tension des pulvinules, j'ai eu recours à la méthode que Du Fay a le premier employée (1736), et qui depuis a été suivie par tous les expérimentateurs, à savoir la mesure de l'angle que fait inférieurement le pétiole primaire avec la verticale passant par la partie moyenne du pulvinule ou, si l'on veut, d'une manière moins exacte, avec la tige. J'avais recours pour cela à un rapporteur placé aussi près que possible du pétiole, bien verticalement (ce qui n'est pas difficile si on se guide sur l'angle d'un meuble, d'un mur, d'une croisée) et dans un plan parallèle à celui dans lequel la feuille se meut sur la tige. Moyennant cette précaution, il est facile d'estimer à un ou deux degrés près l'angle en question, que j'appellerai *angle d'élévation de la feuille*. Je me suis assuré qu'avec un peu d'habitude l'erreur que comporte cette méthode ne dépasse jamais trois degrés; presque toujours elle est comprise entre 0 et 2 degrés.

C'est d'après des mesures de cette sorte qu'ont été faites les pl. I à IV. Pour les pl. V et VI, j'ai adopté un mode d'observation un peu différent et peut-être plus exact. A l'extrémité du pétiole primaire était attaché un fil de soie aussi délié que je pouvais l'obtenir en dédoublant de la soie très-fine. Je le tenais tendu en suspendant un poids de 5 centigrammes à son extrémité inférieure. Un nœud fait sur le fil auprès de cette extrémité, et coloré en noir, servait d'index pour apprécier, sur une règle divisée, placée derrière, l'élévation ou l'abaissement du pétiole.

Il eût été peu pratique de donner en tableaux les deux ou trois mille observations que j'ai faites sur la périodicité des mouvements des feuilles; l'œil et la mémoire se fatiguent de ces longues séries de chiffres, et l'esprit ne saisit qu'avec la plus grande peine la marche générale du phénomène. J'ai adopté le procédé graphique employé par M. Bert, et qui a l'avantage de parler aux yeux en même temps qu'il épargne presque tout effort à l'esprit. Dans les planches jointes à ce travail, les temps sont mesurés sur l'axe des abcisses, et les angles sur celui des ordonnées.

du jour). Cet écartement se fait ordinairement sur toute la longueur du rachis en même temps, souvent suivant un ordre basifuge, quelquefois un peu irrégulièrement, enfin rarement du sommet à la base. Les folioles et les pétioles secondaires, une fois bien étalés, persistent jusqu'au soir dans leur position de veille, et pendant ce temps, le pétiole primaire effectue diverses oscillations que nous apprendrons bientôt à connaître.

D'après Du Fay (*Histoire de l'Académie*, 1736, p. 91), lorsque le soleil est très-ardent, les folioles se rapprochent un peu vers le milieu du jour. Ce mouvement n'appartient probablement pas aux mouvements périodiques, mais aux paratoniques.

Mon but étant d'apprécier, par les observations qui suivent, non-seulement les mouvements du pétiole, mais encore, à l'aide de ces derniers, les variations de tension du pulvinule, il est nécessaire d'indiquer la liaison qui existe entre les deux phénomènes.

D'abord, il est bien évident que les mouvements d'un pétiole dont le renflement moteur a été privé de sa moitié supérieure ou inférieure, par une incision s'étendant jusqu'au faisceau fibro-vasculaire, ne peuvent dériver que des variations de longueur, partant de tension, de la partie du pulvinule qui subsiste encore.

On verra à la fin de ce paragraphe que les variations de tension sont simultanées et de même sens dans chaque moitié du pulvinule; dans toutes les deux, elle augmente ou diminue en même temps. Or, comme je montrerai plus tard (p. 48) que ces variations sont plus intenses dans la moitié inférieure que dans l'autre, et que le pétiole obéit, en résumé, aux variations de cette moitié inférieure, il en résulte que lorsqu'elle s'allongera (signe que la tension générale du renflement moteur augmente), il s'élèvera, et réciproquement, quand elle se raccourcira (signe que la tension générale diminue), il s'abaissera.

Brücke[1] a proposé d'évaluer les variations de tension du pulvinule par la mesure de l'angle d'élévation des feuilles, en prenant soin d'éliminer l'action de la pesanteur. Pour cela, il suffit d'opérer de façon à ce que le plan de mouvement de la feuille, au lieu d'être vertical, soit horizontal. Cette manière d'observer est fort incommode, et l'exactitude à laquelle elle prétend tout à fait superflue pour la plupart des cas. Toutes mes mesures ont été faites la plante étant droite. Dans ce cas, l'action de la pesanteur peut, dans les positions extrêmes, lorsque la feuille est presque en contact avec la tige, amener une légère erreur, le bras de levier ayant notablement diminué de longueur; mais, comme il ne s'agit jamais d'apprécier avec une rigueur mathématique l'intensité de la tension, et de la comparer, d'une façon précise, entre deux feuilles de la même plante ou de plantes différentes, on peut s'en tenir à cette méthode. Elle est suffisante pour apprécier si, d'un moment à un autre, la tension a varié dans une même feuille, et c'est la seule question que j'aie eu à résoudre dans ce travail.

Je considérerai d'abord les variations de tension de premier ordre, et plus tard celles de second et troisième ordre.

A. Variations de premier ordre dans la tension des pulvinules et mouvements principaux des feuilles.

α. Pulvinules primaires.

Ces variations ont été étudiées plus spécialement dans une série d'observations faites

[1] Brücke, Mém. cité, p. 446.

sans interruption les 29, 30, 31 juillet et 1er août 1868, à deux heures ou deux heures et demie d'intervalle, sur cinq Sensitives à la fois. Voy. le compte rendu de ces observations, 2e partie, III, A, p. 61, et la pl. I, qui donne le tracé graphique du mouvement des feuilles dans deux des plantes mises en expérience, ainsi que la table (plante nº 3), p. 63. Les cinq planches suivantes, ainsi que les observations auxquelles elles se rapportent, bien qu'ayant trait plus spécialement aux variations secondaires de la tension, donneront également sur ses oscillations principales d'utiles renseignements.

Une considération attentive de ces documents amène aux conclusions suivantes:

1° Dès qu'une jeune feuille commence à déployer ses folioles, la tension, à peine appréciable d'abord, entre en jeu; les mouvements de cet organe en sont le résultat.

2° L'intensité de la tension du pulvinule augmente jusqu'à l'époque où la feuille est près d'avoir acquis tout son développement; à partir de ce moment, elle décroît jusqu'à la mort de l'organe. Ainsi, il est de règle qu'à toute heure du jour et de la nuit, l'angle d'élévation des feuilles supérieures soit plus grand que celui des inférieures.

3° La tension est plus grande la nuit que le jour.

4° Elle atteint un *maximum* un peu avant le point du jour (entre 3 1/2 heures et 4 1/2 heures du matin), en juillet, probablement beaucoup plus tôt en septembre. Dès qu'il fait grand jour, elle diminue subitement d'une façon très-considérable. Pendant la journée, elle offre différentes oscillations secondaires, mais, somme toute, continue à descendre jusqu'aux premières heures de la soirée (vers 7 heures), où elle est à son *minimum*. A dater de ce moment, elle remonte jusqu'à l'heure du grand maximum de la fin de la nuit. M. Bert[1] est arrivé sur ce point aux mêmes résultats.

5° Les oscillations principales ont lieu sensiblement au même moment pour toutes les feuilles d'une même plante. Toutefois il semble que les plus jeunes feuilles précèdent légèrement les autres dans les mouvements d'ascension et d'abaissement, aux heures du grand minimum et du grand maximum.

β. Pulvinules secondaires et tertiaires.

Bien que j'aie suivi avec beaucoup de soin les mouvements diurnes et nocturnes de ces organes, j'avoue que rien autre chose que l'analogie ne me permet d'affirmer que leur tension soit plus grande la nuit que le jour. Il ne faut pas oublier que la position que prennent les pétioles secondaires et les folioles par l'excitation, et qui correspond à un état de tension très-faible, est tout à fait semblable à leur position de sommeil.

B. Variations de second et troisième ordre dans la tension des pulvinules primaires et mouvements secondaires des feuilles.

[1] Bert, Mém. cité, p. 12.

Dans ces organes, la tension, dans l'intervalle du grand maximum et du grand minimum, présente des oscillations continuelles. Ces oscillations, rendues par un procédé graphique, forment des sortes d'ondes composées (pl. II) comme certaines ondes sonores. On y reconnaît des oscillations d'une amplitude plus considérable (osc. de deuxième ordre), composées d'oscillations plus petites (osc. de troisième ordre).

Voici les règles auxquelles ces deux ordres d'oscillations sont assujettis:

Les oscillations de deuxième ordre ne se présentent que pendant le jour; elles offrent une durée de trois à cinq heures. Leur marche est régulière, mais à un moindre degré que celle des oscillations de premier ordre. Elles peuvent souffrir un léger retard d'une feuille à l'autre. L'ordre dans lequel elles se succèdent est le suivant: la tension, parvenue à son maximum dans les dernières heures de la nuit, tombe vite et très-bas, aussitôt qu'il fait grand jour, pour arriver à un *minimum du matin* entre 7 et 9 heures. Elle se relève ensuite, atteint un *maximum* vers 10 heures du matin, puis redescend à un *minimum* placé vers midi. A partir de ce minimum du milieu du jour, on la voit remonter encore, atteindre un *maximum* entre 3 et 5 heures du soir, puis redescendre pour arriver au grand *minimum de la fin de la journée* deux ou trois heures après (pl. I, II petit tableau, et V). Quelquefois l'oscillation de l'après-dînée se compose de deux oscillations assez distinctes.

Les oscillations de troisième ordre se manifestent jour et nuit; pendant le jour constamment; pendant la nuit particulièrement lorsque la tension est arrivée à peu près à son niveau maximum. Elles n'offrent aucun ordre apparent d'une feuille à une autre et alternent ou coïncident sans la moindre régularité. Leur durée varie entre une demi-heure et une heure.

C'est à ces oscillations de courte durée qu'on doit rattacher l'abaissement brusque des feuilles en dehors de toute excitation extérieure. Ces mouvements ne sont pas très-communs. Je les avais vus se produire d'abord sur des Sensitives exposées à un soleil ardent, puis sur d'autres placées sous une cloche saturée de vapeur d'eau, et je les regardais, dans le dernier cas, comme un effet des influences anormales auxquelles les plantes étaient soumises; dans le premier, je les rapportais à une irritation presque inappréciable produite par une variation rapide de l'intensité des rayons solaires. Il est vrai que je ne pouvais toujours déterminer la cause probable de cette variation. Plus tard, ayant été plusieurs fois témoin du même phénomène pendant le cours de mes observations nocturnes, je ne pus plus me refuser à en admettre la spontanéité. On trouvera des exemples de ces mouvements dans la pl. III et la pl. VI. Ils ne se distinguent des plus courtes oscillations de la tension

que par leur amplitude quatre ou cinq fois plus considérable, et des mouvements d'excitabilité par leur cause déterminante seulement. Ils établissent donc un passage évident du premier genre de mouvements au second, et leur constatation, a défaut d'autres raisons, suffirait déjà pour faire rejeter la différence fondamentale que divers observateurs, M. Bert notamment, ont cherché à établir dans la « raison intime » de ces deux genres de mouvements.

Je résume :

Dans les feuilles du *Mimosa*, sous l'influence des conditions biologiques normales, la tension est plus grande la nuit que le jour.

Elle varie constamment et présente des oscillations d'amplitude et de régularité différentes.

Les plus constantes sont aussi les plus importantes; elles constituent un *maximum de la fin de la nuit* et un *minimum de la fin de la journée.* Ce sont les variations de premier ordre[1].

Les oscillations de second ordre constituent, d'un côté, un *minimum du matin* et un *minimum du milieu de la journée*; de l'autre, un *maximum de la matinée* et un *maximum de l'après-dînée.*

Les oscillations de troisième ordre, d'une courte durée, se manifestent constamment, la nuit comme le jour, mais c'est surtout dans la période diurne qu'elles sont le plus appréciables.

En comparant la marche de la tension dans les feuilles du *Mimosa* à celle de la tension dans les tiges de la même plante (p. 23), on trouve entre les deux phénomènes une concordance presque complète. Dans les deux sortes d'organes, la tension est plus grande la nuit que le jour; les maxima et minima sont en nombre égal, ils tombent sensiblement aux mêmes heures du jour et de la nuit. Les oscillations de premier et de deuxième ordre se font donc à peu près simultanément dans la tige et dans les pulvinules primaires. L'intensité de ces variations seule offre des différences de quelque importance. Dans les deux sortes d'organes, le *grand maximum* est celui de la fin de la nuit, mais le *grand minimum*, placé dans les tiges au milieu

[1] Je ferai remarquer, dès maintenant, que s'il n'est pas possible, dans les feuilles, de confondre avec les autres le maximum principal, il n'en est pas de même du minimum principal. Dans les observations du mois de juillet, il n'y a pas à douter que ce ne soit celui du soir; mais dans celles de septembre, on ne trouve pas toujours la même régularité, et on pourrait, dans ce dernier cas, dire avec presque autant de raison que le minimum principal est celui du matin ou celui du milieu de la journée (voy. pl. II, petit tableau, feuille 1, 2 et 3, et, pl. V, les deux lignes inférieures). Dans le chapitre qui traitera des influences paratoniques de la lumière, nous apprendrons à distinguer quel est le véritable minimnm principal.

du jour, est, dans les feuilles, situé à la fin de la journée d'une manière à peu près constante. Le minimum de la fin de la journée, secondaire dans les tiges, est devenu dans les feuilles le plus accentué.

Ainsi se trouve démontrée une fois de plus la corrélation des variations de la tension dans les tiges et les feuilles. Ce principe, que M. Kraus avait établi d'une façon assez restreinte, se trouve donc confirmé et complété par des applications plus variées et plus étendues.

Il était très-important, pour la théorie du mécanisme des mouvements, de savoir quelles sont les variations de tension, non plus dans le pulvinule tout entier, mais dans chacune de ses moitiés prise isolément. Il suffit pour cela d'enlever avec précaution tantôt la moitié inférieure, tantôt la supérieure, par une incision bien perpendiculaire au plan dans lequel s'exécutent les mouvements de la feuille, et qui s'étende jusqu'au faisceau fibro-vasculaire, sans l'intéresser notablement. A la suite d'une semblable opération, le pétiole primaire se dirige sans exception du côté de la moitié du pulvinule que l'on a enlevée : en bas, si c'est l'inférieure qui manque; en haut, dans le cas contraire.

Dutrochet[1] avait dit que, dans une feuille ainsi opérée, les mouvements périodiques d'élévation et d'abaissement cessent complétement. Meyen[2] montra qu'il n'en est rien; les mouvements sont seulement moins étendus, ainsi que Brücke[3] l'a fait remarquer. Ce fait a été depuis vérifié par tous les expérimentateurs; je citerai notamment M. H. v. Mohl[4]. Enfin M. Bert[5], par la mesure de l'angle d'élévation à des heures différentes, a établi que lorsque la moitié supérieure du pulvinule a été enlevée, le maximum et le minimum d'élévation du pétiole ont lieu aux heures accoutumées; lorsqu'au contraire c'est la moitié inférieure qui manque, le pétiole est plus bas à la fin de la nuit et plus élevé le soir. Cela signifie, en d'autres termes, que l'allongement et le raccourcissement des deux moitiés du pulvinule se produisent aux mêmes heures, c'est-à-dire que la tension varie simultanément et dans le même sens pour chacun des ressorts moteurs.

La table placée à la page 63 (2e partie, III, A, plante n° 3) servira à apprécier la marche de la tension dans le ressort supérieur. On sait que les feuilles de la Sensitive s'abaissent rapidement après une excitation et que la cause de ce phénomène est un affaissement, une diminution d'énergie de la moitié inférieure de l'organe, la supé-

[1] Dutrochet, *Mémoires*, t. I, p. 509.
[2] Meyen, *Neues System der Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 487.
[3] Brücke, Mém. cité, p. 452.
[4] v. Mohl, *Die vegetabilische Zelle*, p. 304 et 305. — *Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.*
[5] Bert, Mém. cité, p. 28.

rieure ne variant pas sensiblement. Par conséquent, si on excite à différentes heures une feuille de Sensitive, l'abaissement devra nécessairement être en rapport avec la tension du ressort supérieur, qui presse d'autant plus sur l'inférieur affaissé que cette tension est plus grande[1]. La table en question montre, en effet, que l'abaissement du pétiole est plus grand aux heures de maximum et moindre à celles de minimum, et que la tension du ressort supérieur suit une marche semblable à celle du pulvinule.

De ce que la tension du ressort supérieur varie, comme celle du pulvinule, il résulte que celle du ressort inférieur suit aussi la même marche.

CHAPITRE III.

DES INFLUENCES AUXQUELLES SE TROUVE SOUMISE LA TENSION ET DES MOUVEMENTS PARATONIQUES.

La succession des phénomènes que je viens de décrire est celle que présente la tension dans sa marche normale, c'est-à-dire sous l'influence des conditions biologiques habituelles. Dans les observations précédentes, j'ai fait tous mes efforts pour conserver à ces conditions vitales la plus grande uniformité, le plus de régularité possible durant une observation ou même de l'une à l'autre. Je pensais, grâce à cette précaution, observer le phénomène dans toute sa pureté et me mettre à l'abri des troubles qu'auraient pu occasionner diverses influences.

[1] Il est très-probable que la grandeur de la tension du ressort inférieur influe aussi sur l'amplitude du mouvement d'abaissement, c'est-à-dire que lorsqu'elle est à son maximum, l'abaissement de la feuille est plus considérable que lorsqu'elle est à son minimum. Mais comme des feuilles qui ont été privées de leur ressort supérieur ne s'abaissent plus que très-peu (Brücke, Mém. cité, p. 446) par l'excitation, on est certain quec'est le ressort supérieur qui joue le rôle le plus important dans cet abaissement.

Bien que j'aie fait quelques observations sur les mouvements périodiques des feuilles dont une moitié du pulvinule avait été enlevée, je ne les rapporte pas; elles sont restées trop imparfaites, la saison était trop avancée et les Sensitives devenues extrêmement paresseuses et presque en état de rigidité. Toutefois les quelques résultats que j'ai obtenus s'accordent avec ceux de M. Bert et ceux que donne la mesure de l'angle d'abaissement après l'excitation.

Voici les deux observations que donne ce dernier auteur dans son Mémoire, p. 28; je les rapporte intégralement :

22 septembre. Partie supérieure du renflement enlevée : à 6 h. du soir, l'angle est 105°; à 8 h., 138°; à 9 h. 30 m., 148°; à minuit, 150°; à 5 h. du matin (folioles ouvertes), 145°; à 8 heures, 140°; à midi, 95°; à 4 h. du soir, 125°. Aux mêmes heures, la feuille n° 1 donnait les chiffres suivants: 125°, 135°, 140°, 170°, 153°, 130°, 123°, 125°.

18 septembre. Moitié inférieure du renflement enlevée depuis quatre jours. Pétioles secondaires enlevés: à 6 h. du soir, angle, 40°; à 8 h., 31°; à 10 h., 30°; à 1 h. du matin, 22°; à 5 h., 18°; à 9 h. 45 m., 18°; à 3 h. 45 m. du soir, 50°; à 9 h., 40°; à 4 h. du matin, 20°; à 7 h. 15 m., 20°; à midi 45 m., 48; à 7 h. du soir, 50°. Aux mêmes heures, une feuille intacte de la même plante donne les angles: 127°, 147°, 125°, 85°, 180°, 154°, 110°, 127°, 160°, 143°, 115°, 110°.

Mais les conditions dans lesquelles une plante vit habituellement se composent du concours de divers agents physiques et chimiques La présence ou l'absence de chacun de ces agents, leur retour aux moments accoutumés ou à des heures indues, leur affaiblissement ou leur exagération doivent exercer une certaine influence sur la production et la marche de la tension. C'est cette analyse que je vais essayer dans ce chapitre; elle a pour but, maintenant que la forme du phénomène est nettement déterminée, de nous éclairer sur sa nature ou plutôt sur ses causes.

§ 1. *De l'influence tonique et paratonique de la lumière.*

De Mairan[1] constata le premier que la Sensitive enfermée dans un lieu obscur continue à exécuter ses mouvements de sommeil et de veille. Du Fay[2] et Duhamel[3], répétant la même expérience dans un appartement, obtinrent des résultats identiques; mais ayant placé les plantes dans des caves (les caves de l'Observatoire dans une de leurs expériences), ils virent qu'elles persistaient dans la position diurne. Ils attribuèrent la différence de ces résultats à l'action d'un autre agent que la lumière; on sait maintenant que c'est au froid qu'il faut la rapporter.

En 1805, De Candolle[4] montra que des Sensitives exposées à une lumière (artificielle équivalant aux 5/6 de la lumière solaire) continue ont, comme dans l'état ordinaire, des alternatives de sommeil et de veille, mais chacune des périodes est un peu plus courte qu'à l'ordinaire; l'accélération a été sur divers pieds d'une heure et demie à deux heures par jour. Si elles étaient placées à la lumière continue, les alternatives de sommeil et de réveil devenaient très-irrégulières. Quand on intervertit, au moyen du même éclairage artificiel, la succession du jour et de la nuit, ces plantes ouvrent et ferment leurs feuilles sans règle fixe dans les premiers temps de l'expérience; mais, au bout de quelques jours, elles ouvrent leurs feuilles le soir, qui est le moment où la clarté commence pour elles, et les ferment le matin, moment où la nuit leur arrive[5].

Dutrochet[6] (1824 et 1837), revenant sur le même sujet, confirma les résultats

[1] De Mairan, *Histoire de l'Académie*, 1729, p. 35.

[2] Du Fay, *Histoire de l'Académie*, 1736, p. 88 et 89.

[3] Duhamel, *Physique des arbres*, t. II, p. 158 et 159.

[4] De Candolle, *Mémoires des savants étrangers de l'Institut*, t. I, 1805. — *Physiologie végétale*, 1832, p. 860 et 1071.

[5] Voici les termes dans lesquels De Candolle (Mém. cité, p. 345) rend compte de cette observation curieuse : « J'ai essayé de changer d'une autre manière la marche de cette plante : le 11 thermidor, je « l'ai mise dans un caveau obscur le jour, éclairé la nuit; sa marche a été très-irrégulière le premier jour, « moins irrégulière le second, et le troisième elle s'est ouverte le soir et fermée le matin. »

[6] Dutrochet, *Mémoires*, t. I. *Du réveil et du sommeil des feuilles.* — *De l'excitabilité végétale.*

obtenus par ses devanciers, et montra que des Sensitives placées dans l'obscurité continue ne tardent pas à perdre la faculté d'exécuter leurs mouvements habituels, soit spontanés soit provoqués, et tombent ainsi dans l'état qu'il nomme *état d'asphyxie,* à cause de sa ressemblance avec celui qu'elles présentent après un court séjour dans le vide[1]. Cet état d'asphyxie est caractérisé par un redressement des pétioles primaires et une demi-plicature des folioles pour les feuilles moyennes, tandis que dans les feuilles supérieures les folioles sont rapprochées et dans les inférieures complétement étalées. C'est un état mixte de sommeil et de réveil, mais dans lequel le réveil est de beaucoup prédominant. Il persiste invariablement dans l'obscurité continue[2]. Il suffit d'exposer les plantes tombées en état d'asphyxie à la lumière solaire directe ou à la lumière diffuse pour les voir recouvrer leurs mouvements, beaucoup plus vite dans le premier cas que dans le second[3]. La température exerce sur la production de ce phénomène une action fort intéressante. Sous l'influence d'une température de 20° à 25° R., l'état d'asphyxie est complet après quatre ou cinq jours d'exposition à l'obscurité ; après dix jours, par une température de 14° à 20° R.; après quinze jours, lorsqu'elle varie entre 10° et 15° R.[4]. Les folioles perdent leur motilité avant les pétioles primaires et la recouvrent également avant eux lorsque la plante est remise à la lumière[5]. Les jeunes feuilles récupèrent leur motilité avant les vieilles[6], et chez les unes comme chez les autres les premiers indices de la motilité réparée se manifestent par la réapparition des mouvements périodiques; ceux d'irritabilité ne reviennent que plus tard[7].

En 1863, M, Sachs[8] rapprocha la position d'asphyxie de Dutrochet de celles que prend la Sensitive sous diverses autres influences et proposa pour tous ces états dans lesquels la plante a perdu sa motilité, quelle qu'en fût la cause, le nom d'*état de rigidité* (*Starrezustand*). Il montra que la position que prennent les folioles sous l'influence d'une obscurité continue, n'est pas définitive dès le second jour de l'expérience, ainsi que le disait Dutrochet, mais qu'elle varie constamment. Les mouvements de veille et de sommeil se répètent à des intervalles plus ou moins courts et irréguliers, jusqu'à ce que la plante tombe dans l'état de rigidité[9]. La même chose arrive lorsque le *Mi-*

[1] Dutrochet, *op. cit.*, p. 527. — [2] Id., *ibid.* — [3] Id., *ibid.*, p. 556. — [4] Id., *ibid.*, p. 556 et 558.

[5] Dutrochet, *ibid*, p. 554 et 555.

[6] D'après mes expériences (voy. aussi Sachs, *Flora*, 1863, p. 487, *Acacia lophantha*), les jeunes feuilles perdent leur motilité plus tard que les autres. L'état de rigidité envahit donc les feuilles successivement de bas en haut; le retour à la motilité suit une marche inverse.

[7] Dutrochet, *op. cit.*, p. 557 et 559.

[8] Sachs, *Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane* (*Flora*, 1863, nos 29 à 32).

[9] Sachs, Mém. cité, p. 483.

mosa, au lieu d'être dans l'obscurité complète, est placé dans un endroit sombre où l'on peut encore, par exemple, lire des caractères assez fins. Il semble que l'excitabilité soit également soumise à des variations périodiques [1]. Pendant ces observations, les variations de température ont été très-faibles, de sorte qu'on ne peut les regarder comme la cause déterminante des changements de position des folioles.

Mes observations sur le mouvement des folioles dans l'obscurité prolongée ne me permettent pas d'ajouter rien d'essentiel aux résultats obtenus par mes devanciers. Je ferai remarquer toutefois qu'elles confirment celles de M. Sachs. Quant à la rigidité provoquée par la même cause, je n'ai rien de plus à en dire que ce que l'on trouve dans le Mémoire de ce physiologiste.

La marche de la tension une fois déterminée chez la plante placée dans ses conditions normales d'existence, il importait de savoir l'influence que pouvait exercer sur elle l'obscurité continue. Il aurait été fort intéressant de suivre le phénomène pas à pas jusqu'à l'état de rigidité complète; mais ces recherches, continuées jour et nuit, deviennent à la longue extrêmement fatigantes, et je me suis borné à des observations qui embrassent une période de 24 heures seulement. Elles sont consignées dans les pl. IV, V et VI. Dans ces deux dernières, ce sont les deux lignes supérieures seulement qui y ont rapport; les inférieures appartiennent à une plante végétant dans les conditions normales, et peuvent servir de terme de comparaison. Le bulletin de ces expériences se trouve dans la seconde partie, p. 67 et suiv.

Voici les conclusions que l'on doit tirer de ces observations:

Pendant les 24 premières heures d'exposition à l'obscurité, la tension continue à être plus forte la nuit que le jour.

Elle conserve ses variations de premier ordre; mais le minimum principal, au lieu d'être à l'entrée de la nuit, est placé au milieu du jour (pl. IV), ou bien il a lieu plus tard que d'habitude (entre 9 et 10 heures du soir, dans les pl. V et VI).

Dans les deux cas, le grand maximum est avancé de trois heures environ. Il a lieu vers minuit (pl. IV et pl. VI, F. 3), et est suivi également d'un minimum du matin prématuré (de 3 à 5 heures). La période complète est donc abrégée du même temps.

Les oscillations de deuxième ordre, à l'exception du minimum du matin, sont devenues plus ou moins inappréciables.

Celles de troisième ordre gardent leur rhythme habituel et leur durée ne varie pas sensiblement. Leur amplitude paraît moins grande que dans les conditions normales; toutefois les obs. 3 et 4 (2e partie, p. 69, et pl. V et VI) ne concordent pas complétement à cet égard avec les autres.

[1] Sachs, Mém. cité, p. 484. Pour l'explication de ce fait, voy. plus loin, p. 40, note.

La tension ne varie pas dans des limites aussi étendues que dans les conditions habituelles. Dans ce dernier cas on voit l'angle d'élévation de chaque feuille offrir en moyenne, du grand maximum au grand minimum, une variation de 60° à 90°; dans l'obscurité, ces variations ne dépassent guère une amplitude de 50° (comparez les pl. I et II à IV, tableau de gauche). Du grand minimum au grand maximum, c'est encore la même chose (comparez pl. I et III à pl. IV, tableau de droite).

Pendant la première journée, la tension ne descend pas aussi bas que d'habitude; elle est donc augmentée relativement, mais non d'une manière absolue. Elle diminue ensuite lentement, à mesure que les oscillations perdent elles-mêmes de leur amplitude, jusqu'à ce que, celles-ci ayant disparu, elle tombe à un minimum et que la plante entre dans l'état de rigidité [1].

Ces résultats s'accordent parfaitement avec les conclusions de M. Kraus sur l'état de la tension dans les tiges placées à l'obscurité [2].

Telle est l'influence de l'obscurité prolongée sur la marche de la tension. Quant à ce qui regarde celle de la lumière continue, on en est encore réduit à l'expérience de De Candolle rapportée plus haut. Comme elle concorde dans les points principaux avec ce que nous savons de l'influence de l'obscurité, il est extrêmement probable qu'après des variations de tension analogues, la plante finit par tomber également dans l'état de rigidité.

D'après tout ce qui précède, l'existence des variations périodiques de la tension dépend d'un certain degré de lumière et d'obscurité distribuées dans un ordre déterminé; mais ni l'un ni l'autre de ces deux agents ne peut être regardé comme la cause immédiate du phénomène, puisque celui-ci continue aussi bien à la lumière prolongée que dans l'obscurité continue. L'action de ces agents consiste simplement à entretenir les organes dans un état favorable à la manifestation de la périodicité, dans cet état que M. Sachs a désigné sous le nom de *photonus*. C'est une influence tonique; elle est la même sur les variations de la tension que sur les autres fonctions de la plante; en deçà comme au delà d'une certaine mesure, la fonction languit d'abord, puis disparaît, et la vie s'éteint.

Mais si les variations de l'intensité de la lumière ne sont pas la cause première des mouvements périodiques, elles peuvent, lorsque la plante est dans son état de tonicité, d'excitabilité, déterminer la production des mouvements périodiques à des moments

[1] Voy. les observations de M. Sachs sur la position des pétioles primaires dans l'état de rigidité, Mém. cité, *Expérience*, II et IV, p. 482 et 484.

[2] Kraus, Mém. cité, p. 20. — *Bot. Zeit.*, p. 125 et 126.

donnés, et provoquer des mouvements plus ou moins accidentels capables de masquer les mouvements périodiques et même d'en revêtir le caractère en se confondant avec eux. Ces mouvements ont été à juste titre distingués par M. Sachs sous le nom de *paratoniques*. Je ne saurais trop insister sur l'importance de cette distinction : elle est indispensable si l'on veut arriver à une intelligence aussi complète que possible de la périodicité et des autres phénomènes de motilité. Ainsi, pour le cas particulier qui nous occupe, nous avons constaté, chez la Sensitive, la faculté d'exécuter, dans des conditions d'existence uniforme, en l'absence de tout excitant appréciable, des mouvements qui se répètent à des intervalles plus ou moins variables. Ces mouvements sont les vrais mouvements périodiques, mais ils se confondent avec les mouvements paratoniques aussitôt que l'une des conditions d'existence, venant à changer, réagit sur l'excitabilité, et, si toutes les conditions d'existence changent à la fois, ce sera celle qui exerce la plus forte influence sur la tension, qui en deviendra le régulateur. C'est pour cela que le rhythme des mouvements périodiques coïncide, chez la Sensitive et le plus grand nombre des plantes, avec le retour du jour et de la nuit, de façon que, suivant l'expression de M. Sachs, ce que l'on désigne communément sous le nom de *mouvement périodique* est la résultante d'un mouvement périodique véritable et d'un mouvement paratonique[1].

Quelques exemples feront encore mieux saisir la différence essentielle de ces deux ordres de mouvements.

Je suppose une Sensitive parvenue, vers 1 ou 2 heures du matin, à son maximum de tension; cet état peut se prolonger longtemps si les conditions extérieures ne changent pas : les feuilles présenteront de courtes oscillations avant de se déterminer à leur abaissement périodique du matin. Si à ce moment un rayon de soleil vient les frapper, cette espèce d'irrésolution cesse, l'équilibre est rompu et l'action paratonique détermine la production du mouvement périodique. L'heure du sommeil est réglée de même et concorde avec l'excitation paratonique de l'obscurité commençante de la nuit. On comprend maintenant comment De Candolle a pu renverser l'ordre des mouvements de sommeil et de veille : dans une expérience de cette sorte, la Sensitive se trouve soumise à des influences perturbatrices, qui apportent d'abord quelques variations dans le rhythme de ses mouvements; mais sa tendance à la périodicité existe toujours et elle est satisfaite du moment où un excitant quelconque; revenant à des intervalles normaux, vient déterminer, par son action paratonique, le retour régulier des mouvements. Si vers midi, heure où doit se produire un minimum de tension, le soleil, jusque-là très-ardent, vient à se voiler, la tension, au lieu de diminuer, augmentera et le *minimum* périodique disparaîtra; il pourra même être remplacé par un

[1] Voy. à ce sujet Sachs, *Experimentalphysiologie*, p. 43 et suiv.; p. 490 et suiv.

maximum paratonique. Un arrosage abondant, si la plante est épuisée, produira le même effet, de même aussi une élévation notable de température après une matinée fraîche.

Ces considérations nous amènent à considérer sous un nouveau point de vue les mouvements périodiques tels que je les ai décrits précédemment. Quelles sont, parmi les trois ordres d'oscillations, celles qui sont essentiellement périodiques et celles qui peuvent être ramenées à des influences paratoniques? Ainsi que le montrent mes observations sur les plantes placées dans l'obscurité, le maximum de la fin de la nuit et le minimum du milieu du jour sont, avec les oscillations de troisième ordre, les seuls mouvements qui paraissent vraiment périodiques, c'est-à-dire indépendants des influences extérieures. Quant aux maxima et minima secondaires, les nombreuses variations que l'on remarque dans leur intensité et l'heure à laquelle ils se manifestent, leur disparition même dans certaines circonstances, me les font regarder comme paratoniques. Il n'est point très-difficile de se rendre compte de leur apparition aux heures indiquées. Le minimum du matin est déterminé par l'action rapide des premiers rayons lumineux sur les organes parvenus à leur maximum de tension et extrêmement excitables en cet état. Le maximum de la matinée viendrait de l'afflux, plus considérable à ce moment qu'à tout autre[1], de la séve fournie par les racines et de la grande humidité de l'air. Le maximum de lumière, par son action paratonique, déterminerait le grand minimum périodique à tomber assez régulièrement vers midi, et le maximum de chaleur qui, comme on le sait, se trouve vers 2 ou 3 heures de l'après-dînée, provoquerait l'apparition paratonique du maximum de l'après-dînée. Enfin, le minimum du soir serait déterminé par l'abaissement de la température et l'épuisement de la plante. Tous ces maxima et minima devront être d'autant plus appréciables que l'on observera des organes exposés davantage aux influences paratoniques de la chaleur, de la lumière, de l'humidité, hypothèse qui cadre parfaitement avec les faits, puisque nous savons qu'ils sont apparents surtout dans les feuilles, plus difficiles à découvrir dans la tige jeune et feuillée; enfin, qu'ils paraissent manquer dans les troncs.

Si les mouvements paratoniques sont distincts des périodiques, ils ne le sont pas moins des mouvements produits par l'excitation. Ces derniers sont toujours caractérisés par une rupture subite d'équilibre dans l'état de tension des organes moteurs. Dans le *Mimosa*, par exemple, l'une des moitiés du pulvinule perd subitement sa tonicité, et, devenue inerte, est repoussée et comprimée par l'autre moitié. A la suite de cette rupture d'équilibre, l'organe tombe invariablement dans un état de tension moindre. Dans les mouvements paratoniques, la tension de l'organe peut

[1] Hofmeister, *Flora*, 1862, p. 114.

augmenter ou diminuer, mais ces phénomènes se passent lentement; il n'y pas rupture absolue et subite de l'équilibre, mais changement lent dans les conditions et la position d'équilibre.

Après ces distinctions essentielles, il me reste à définir l'action paratonique de la lumière et de l'obscurité.

M. Kraus[1] a montré que la lumière diminue l'état de tension des tissus et que l'obscurité l'augmente. On sait. par les expériences de M. Sachs[2], que les rayons les plus réfringents du spectre, bleus, violets et ultra-violets, possèdent seuls une influence paratonique sur la tension. Ce sont également les plus actifs, sinon les seuls actifs dans les phénomènes d'héliotropisme[3].

Mes recherches sur l'influence paratonique de la lumière et de l'obscurité sur la tension des pulvinules moteurs du *Mimosa* m'ont conduit aux mêmes résultats que M. Kraus. Je n'en ferais donc pas mention, si la Sensitive, grâce à sa merveilleuse organisation, ne montrait le phénomène avec une netteté qu'on rencontrerait difficilement ailleurs.

J'ai donné trois observations seulement (2e partie, V, A.); les deux premières serviront à montrer combien l'action de la lumière est énergique, puisque les plantes exposées auparavant au soleil n'ont pas laissé d'élever leurs feuilles dans l'armoire, malgré l'influence contraire de l'abaissement de température, et réciproquement les plantes de l'armoire placées au soleil n'ont pas tardé à abaisser leurs pétioles, malgré l'action antagoniste de l'augmentation de chaleur[4]. On voit, par la troisième observation, que lorsque la lumière est peu intense pendant la journée, l'heure du minimum du soir se trouve considérablement retardée et reportée vers 10 heures. Ce fait explique comment, dans la première observation (2e partie, III, A, 29 juillet, plantes nos 1, 2 et 3), et les observations 2 et 4 (2e partie, III, B, pl. III et VI), le minimum se trouve rejeté à 8 1/2 heures, 10 heures et même 11 heures du soir.

§ 2. *De l'influence tonique et paratonique de la température.*

Les limites de température entre lesquelles le *Mimosa* conserve sa motilité ont été déterminées par M. Sachs dans le Mémoire déjà cité[5]; je ne ferai que rappeler ses conclusions.

[1] Kraus, Mém. cité, p. 19. — *Bot. Zeit.*, p. 125.
[2] Sachs, *Bot. Zeitung*, 1857, p. 812.
[3] Sachs, *Experimentalphysiologie*, p. 42. — Hofmeister, *Die Lehre der Pflanzenzelle*, p. 298.
[4] Nous verrons plus loin que la tension augmente avec la chaleur, et réciproquement.
[5] *Vorübergehende Starrezustände*, p. 451 et suiv.

Limite supérieure de la température. — La première observation sur ce sujet remonte, paraît-il, à De Candolle. Une Sensitive, après être restée exposée dans l'obscurité à une température de 37° (C. probablement), au moins pendant douze heures, ferma ses folioles. Elle les ouvrit de nouveau au bout de trois heures, après avoir été éloignée du poêle et mise dans un endroit où la température était de 20° seulement; elle avait perdu toute sa sensibilité au toucher et a persisté dans sa position. Vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience, elle fut portée dans une serre et arrosée; l'insensibilité et l'absence de mouvement persistèrent encore pendant douze heures. Enfin le soir de ce dernier jour, les mouvements de sommeil se produisirent de nouveau, et le lendemain les folioles étaient ouvertes et avaient recouvré leur sensibilité accoutumée [1].

D'après M. Sachs, une température de 40° C., continuée pendant une heure, suffit pour produire un état de rigidité qui disparaît très-vite. Une température de 45°, agissant pendant une demi-heure, produit un effet semblable. La rigidité se manifeste après une courte exposition à une température de 49 à 50°; enfin à 50° C. elle devient permanente, dans les jeunes feuilles au moins, et celles-ci meurent dans l'espaec de quelques jours [2].

[1] De Candolle, *Mémoires des savants étrangers de l'Institut*, t. I, 1805, p. 346.

[2] Sachs, Mém. cité, p. 457.

Dans ce Mémoire (p. 454 et 455), M. Sachs fait mention d'un phénomène fort curieux, mais dont il ne donne pas l'explication. Une Sensitive (3 juillet), après être restée une heure sous l'influence d'une température de 40°, avait conservé son excitabilité. Lorsque la cloche qui la couvrait eut été enlevée aussi doucement que possible, les feuilles tombèrent d'elles-mêmes. Au bout de dix minutes, la température ambiante n'étant plus que de 20° C., les pétioles avaient pris la position horizontale et la plante avait perdu son excitabilité.

Dans une autre expérience (5 juillet), chez une Sensitive exposée quarante minutes à une température de 45° C., les pétioles étaient horizontaux et encore excitables. La plante fut enlevée de l'appareil et placée à la fenêtre où la température était de 21,5° C. Au bout d'une demi-heure, elle était devenue complétement insensible.

Voici l'explication probable de ce phénomène. Nous avons vu précédemment que l'état de rigidité produit par l'obscurité débute toujours par les feuilles inférieures; il semble en être de même pour la rigidité due à l'influence de températures extrêmes. D'après cela, on doit regarder l'existence d'une forte tension dans un pulvinule comme une cause défavorable à la production de la rigidité, et réciproquement. Or nous savons que dans une feuille qui tombe brusquement, ou dans une plante qui passe d'une température élevée à une autre plus basse d'une vingtaine de degrés, la tension diminue d'une façon très-notable. A peine cette diminution a-t-elle eu lieu, que les causes qui n'étaient pas capables auparavant de produire la rigidité prennent le dessus, et cet état se déclare subitement.

C'est un phénomène analogue au suivant. Si chez une Sensitive qui commence à prendre la position nocturne, on irrite une feuille, ses folioles se ferment pour ne plus s'ouvrir, tandis que les feuilles qui n'ont pas été irritées n'arriveront à la même position qu'une demi-heure après ou même encore plus tard.

La même explication s'applique vraisemblablement aux retours périodiques de l'excitabilité dans les feuilles des Sensitives exposees à l'influence d'une obscurité continue (Sachs, même Mémoire, p. 483 et 484). Il est

Dans l'eau chaude, la rigidité commence à une température moins élevée. Ainsi une plante était tombée en cet état après avoir passé 30 minutes dans de l'eau dont la température avait varié entre 40 et 36° C.[1].

Limite inférieure de la température. — D'après le même auteur, une température supérieure à 15° C. est capable d'entretenir indéfiniment la motilité de la Sensitive; au-dessous, la fonction se perd plus ou moins rapidement suivant que la température s'éloigne plus ou moins de ce point limite. Il signale également ce fait intéressant que la limite de la température nécessaire à la végétation de la Sensitive paraît être la même[2].

Dans de l'eau à une température de 16° à 17° C., la rigidité se manifeste déjà au bout d'un quart d'heure d'immersion[3].

Il est remarquable qu'ici, comme pour la rigidité provoquée par l'absence de lumière, les mouvements d'excitation disparaissent toujours avant les périodiques, que l'on s'approche de la limite supérieure ou inférieure de la température nécessaire à la conservation de la motilité. De même, lorsque l'état de rigidité cesse, les mouvements périodiques sont les premiers à reparaître. Il semble, d'après les expériences du même auteur, que la rigidité débute par les feuilles inférieures.

M. Kraus[4], étudiant l'influence paratonique de la température sur la tension des tiges, est arrivé à la conclusion suivante : entre 14 et 38°, les variations de température n'ont pas d'influence sur la tension, mais celle-ci diminue rapidement lorsque la température s'abaisse au-dessous de 7 à 8°, et réciproquement elle augmente lorsqu'on passe de cette dernière température à une de 15° à 20°[5].

Les trois observations que je rapporte (2e partie, V, B) montrent que chez le *Mimosa* le passage d'une température de 18° C. à 32° C. et au-dessous augmente la tension d'une façon très-notable. De même, un abaissement de température de 30° C. à 19° C. et au-dessous la diminue considérablement.

On notera que, dans ces expériences, l'augmentation de température produit un rapprochement lent des folioles, qui s'ouvrent ensuite après un temps variable; il en a été de même dans les expériences de M. Sachs.

extrêmement probable que c'est aux heures où la tension a augmenté que l'on voit réapparaître ces traces d'excitabilité, lesquelles disparaissent bientôt lorsqu'elle diminue, pour se montrer encore, mais de plus en plus faibles, quand la périodicité ramène une nouvelle augmentation de tension.

[1] Sachs, Mém. cité, p. 459. — [2] Id., *ibid.*, p. 452. — [3] Id., *ibid.*, p. 458.

[4] Kraus, Mém. cité, p. 19. — *Bot. Zeit.*, p. 124 et 125.

[5] D'après M. Duval-Jouve (*Bulletin de la Soc. bot. de France*, 1868, p 12), l'amplitude des mouvements des feuilles des *Bryophyllum calycinum* décroît à mesure que la température baisse. Les mouvements cessent entre + 6° et 5° C.

§ 3. *Influence tonique et paratonique de l'humidité.*

M. Sachs, dans son Mémoire déjà souvent cité, décrit un état de rigidité du *Mimosa* causé par la sécheresse prolongée (*Trockenstarre*)[1]. On doit se garder de le confondre avec l'état de fanaison. Dans la rigidité dont il est question, les pétioles sont horizontaux ou à peu près; dans l'état de fanaison, ils sont pendants. La fanaison ne comporte plus aucune tension active des tissus; dans l'état de rigidité elle est encore très notable. Il ne faudrait pas croire, lorsqu'un organe passe de la fanaison à un état où la tension entre de nouveau en jeu, que ce passage tient nécessairement à une augmentation de la quantité d'eau contenue dans l'organe, et que le contraire a lieu dans le cas inverse. Il n'en est rien . l'eau que renferme l'organe subit seulement un changement de distribution[2].

La rigidité causée par le manque d'eau est susceptible, comme les autres espèces de rigidité, de disparaître au bout de deux à trois heures par un arrosement abondant.

De même que le manque d'eau détermine un état de rigidité chez la Sensitive, il semble, ce qui est tout à fait rationnel, que son excès produise le même effet. Malheureusement, des observations que je connais sur ce point, toutes ne sont pas également concluantes. La première remonte à Du Fay[3]. D'après cet observateur, une Sensitive, après avoir passé vingt-quatre heures dans un seau plein d'eau, au mois de juillet, n'était plus que très-peu sensible. Comme la température n'est pas indiquée, on pourrait rapporter ce fait à l'influence prolongée d'une température assez basse, mais le texte semble contraire à cette supposition. La deuxième observation est plus probante, elle est due à M. Hofmeister[4] : si, après avoir retranché la moitié supérieure d'un pulvinule primaire de *Mimosa*, on dépose aussitôt une goutte d'eau sur la blessure, le pétiole se redresse instantanément et vient s'appuyer contre la tige. Tant que cette goutte d'eau n'est pas vaporisée, le pulvinule reste insensible à l'excitation, et cet état peut se prolonger longtemps si on la renouvelle; lorsqu'elle vient à sécher, on voit l'excitabilité de l'organe reparaître au bout de quelques minutes. Enfin, d'après Cohn[5], les étamines des Centaurées perdent presque instantanément la propriété de se contracter sous l'influence d'une irritation quand on les plonge dans l'eau.

[1] Sachs, Mém. cité, p. 500.

[2] On peut voir à ce sujet : Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, p. 278.

[3] Du Fay, Mém. cité, p. 99; exéprience XXX.

[4] Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, p. 318.

[5] Cohn, *Contractile Gewebe* (*Jahrb. Schles. Ges.*, 1861, livr. I, p. 40). Cette citation d'après M. Hofmeister. *ibid.*

Quant à ce qui regarde l'influence paratonique de l'agent que nous considérons en ce moment, M. Kraus[1] a montré que l'augmentation de la quantité d'eau que contiennent les tissus amène une augmentation de tension, et que réciproquement, l'intensité de celle-ci s'amoindrit si la quantité d'eau diminue.

On peut facilement se convaincre qu'il en est ainsi en laissant une Sensitive sans l'arroser, pendant cinq à huit jours, en été. A mesure que la sécheresse avance, on voit l'angle d'élévation des feuilles diminuer. L'épuisement ne doit point aller jusqu'à l'établissement de la rigidité. Dans cet état, après un arrosement abondant, on voit, déjà au bout d'une demi-heure, les pétioles se relever, et ce mouvement continue jusqu'à ce que les tissus soient saturés. Tous ces faits sont tellement simples et faciles à observer, que je m'abstiens de tout exemple.

D'après cela, il était probable que le degré d'humidité de l'air doit également exercer une influence sur l'état de la tension du *Mimosa*. A une température voisine de 18° C., cette action est assez faible pour être à peine sensible. A des températures plus élevées, comprises entre 23° et 32° C., elle est très-notable, ainsi que l'indique l'obs. 1, 2e partie, V, C. On y voit que sous une cloche, dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, les pétioles se sont élevés bien davantage que chez une plante placée à côté, à l'air libre, et ont atteint une hauteur qu'ils présentent rarement dans les circonstances habituelles.

Outre les agents lumière, chaleur et humidité, il en existe encore d'autres dont l'action sur la tension est plus ou moins puissante; tel est, par exemple, l'air atmosphérique, dont l'absence fait tomber extrêmement vite les plantes en état de rigidité. Déjà en 1736 Du Fay[2] avait soumis la Sensitive à l'influence du vide de la machine pneumatique, et constaté qu'elle devenait insensible aux excitations, mais continuait pendant longtemps (trois jours, dans le mois d'août) ses mouvemements périodiques. Après que la plante fut restée ainsi quatre jours dans un air extrêmement raréfié (le mercure indiquait une pression de quatre lignes), ses feuilles étant déjà jaunies et en partie fanées; elle fut arrosée et placée au soleil: les pétioles primaires recouvrèrent quelque sensibilité, mais la plante ne tarda pas à périr.

Dutrochet[3] répéta cette expérience, et vit qu'une Sensitive placée sous le récipient de la machine pneumatique ploie ses folioles dès le premier coup de piston; lorsque le vide est achevé, les pétioles se relèvent et les folioles s'écartent. Cet état de réveil persiste invariablement, malgré l'obscurité de la nuit. Il a désigné cet état sous

[1] Kraus, Mém. cité, p. 16. — *Bot. Zeit.*, p. 122.
[2] Du Fay, Mém. cité, p. 107.
[3] Dutrochet, *Mémoires*, t. I, p. 513.

le nom de *position d'asphyxie*. Les observations de Kabsch[1] sur le même sujet ont donné des résultats semblables.

Je ne fais que mentionner l'action énergique que l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'oxygène pur etc. exercent sur la tension. N'ayant pas d'observations personnelles sur ces divers points, je renvoie le lecteur aux Mémoires de Kabsch et de M. Sachs.

Il existe également une foule d'expériences touchant l'influence de certaines substances toxiques, alcaloïdes, huiles essentielles volatiles, éthers etc., sur la Sensitive. Je ne crois pas devoir faire mention de ces observations; les mouvements des feuilles ont à peine été suivis, de telle façon qu'il est impossible d'en tirer quelque conclusion sur les variations de tension dans ces circonstances.

Je termine ce paragraphe par l'exposé des résultats généraux que m'ont donnés deux expériences sur l'influence de l'éther sulfurique.

Chez la Sensitive exposée, sous une cloche, à une atmosphère d'air saturé de vapeurs d'éther (j'opérais à une température variant entre 19° et 23° C.), les mouvements d'excitabilité disparaissent avant les périodiques.

La rigidité envahit les feuilles successivement de bas en haut.

Du moment où une feuille approche de l'état de rigidité, ses mouvements ont pour effet un abaissement lent, si sa position antérieure était élevée, de sorte que la rigidité est caractérisée par la position diurne des folioles et une position des pétioles primaires voisine de l'horizontale.

A la température de 19° à 23° C., je n'ai pas vu l'excitabilité disparaître complètement, dans les feuilles inférieures, avant quatre et six heures, à compter du commencement de l'expérience, et dans les feuilles supérieures encore plus tardivement.

L'état de rigidité produit par l'éther concorde donc, quant à sa marche et ses caractères, avec ceux que nous avons précédemment appris à connaître.

Il n'y a assurément aucune raison pour admettre, avec M. Bert[2], que la raison intime des mouvements d'excitabilité soit différente de celle des mouvements périodiques. Il n'existe entre les deux phénomènes que des différences du plus au moins, et si une Sensitive paralysée par l'éther ou le froid n'exécute plus que ses mouvements périodiques, cela tient, non à ce que des causes différentes président à la production de ces deux sortes de mouvements, mais uniquement aux altérations que subit le tissu érectile. Il faut que celui-ci possède sa tonicité dans toute sa plénitude, pour que les changements rapides dans la distribution de son eau d'imbibi-

[1] Kabsch, *Ueber die Einwirkung verschiedener Gaze und des luftverdünnten Raumes auf die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche* (*Bot. Zeitung*, 1862, p. 345).

[2] Bert, Mém. cité, p. 34.

tion, et partant les mouvements d'excitabilité, puissent se réaliser; si cette tonicité est amoindrie, les mouvements rapides disparaîtront; mais des changements lents suffisant à la production de certains mouvements périodiques, ceux-ci persistent jusqu'au moment où, les conditions de ce phénomène étant complétement abolies, la rigidité s'établit.

Nous avons vu que, si la rigidité transitoire n'empêche pas le retour à la santé parfaite lorsque la plante est replacée dans ses conditions d'existence habituelle, ce même état se termine par la mort quand sa durée dépasse certaines limites. Or, dans toutes les expériences qui ont été faites sur ce sujet, on n'a employé, pour constater la rigidité, que des moyens fort insuffisants, tels que la position des folioles, dont les variations de tension nous sont encore inconnues; quant à celle des pétioles primaires, elle n'a jamais été déterminée avec exactitude; jamais on ne s'est assuré que, parvenu à un certain degré de rigidité, tel pétiole n'exécute plus des mouvements périodiques, de quelques degrés d'amplitude par exemple. Il serait donc possible que ce qu'on a pris jusqu'à présent pour la rigidité complète n'en soit que le prélude, qu'une rigidité imparfaite, et que celle-ci seule permette le retour à la vie, tandis que la mort serait l'issue forcée de la suspension définitive de tout changement périodique dans la tension. La périodicité acquerrait ainsi un caractère de généralité qui la placerait au même rang que les phénomènes primordiaux essentiels à la vie.

CHAPITRE IV.

THÉORIE DES MOUVEMENTS PÉRIODIQUES ET PARATONIQUES DE LA FEUILLE DU MIMOSA PUDICA.

D'après les développements anatomiques et physiologiques qui précèdent, on peut regarder l'organe moteur de la feuille du *Mimosa* comme composé de deux moitiés, l'une supérieure, l'autre inférieure, toujours en état de tension ou d'expansion, faisant sans cesse effort pour s'allonger, et poussant chacune le pétiole dans des directions opposées. La supérieure le dirige en bas, l'inférieure en haut. De ces deux ressorts, l'inférieur surpasse le supérieur en force; il est à la fois plus long et plus épais, et peut faire équilibre, non-seulement à ce dernier, mais encore au poids de la feuille.

Nous pouvons faire sur le mécanisme des mouvements du pétiole primaire les trois hypothèses suivantes:

1° Le mouvement est dû à une variation dans la force de l'un des ressorts seulement, l'autre ne présentant aucun changement.

2° Il y a changement dans la force des deux ressorts, en sens inverse; quand l'un devient plus fort, l'autre devient plus faible.

3° Il y a changement dans la force des deux ressorts, mais dans le même sens. La puissance de tous les deux augmente ou diminue en même temps.

L'incompatibilité des deux premières hypothèses avec les résultats fournis par l'observation nous force à les rejeter.

Quel sera donc, suivant la troisième, le mécanisme des mouvements du pétiole, et comment seront-ils en rapport avec l'état de tension de l'organe?

Dans ce qui va suivre, je négligerai l'extensibilité et l'élasticité du faisceau fibro-vasculaire placé au centre du pulvinule, ainsi que la tension extrêmement légère qui existe entre le tissu érectile et l'épiderme. Je rappellerai que l'on peut mesurer la tension du pulvinule par la demi-somme des tensions des deux ressorts. La tension de chaque ressort, c'est-à-dire l'effort qu'il fait pour acquérir la longueur qu'il doit avoir, peut être représentée par un nombre.

L'augmentation ou la diminution simultanée de la force de chaque ressort peut se faire de trois façons :

A. Ou bien d'une manière proportionnelle à la puissance de chaque ressort;

B. Ou bien d'une manière égale dans chaque ressort;

C. Ou bien, enfin, elle est inégale et non proportionnelle.

A. L'augmentation de force dans chaque ressort est proportionnelle à sa puissance, par exemple 1/2, 1/3 etc., de sa force totale.

Une position quelconque de la feuille étant donnée, je pose :

1 { la force du ressort supérieur $t = 4$,
  { » » inférieur $t' = 4 + 2$,

La tension totale du pulvinule $T = \frac{t + t'}{2}$

Je fais augmenter les deux ressorts de la moitié de leur puissance respective; j'ai :

2 { $t_1 = 4 + 2$,
  { $t'_1 = 4 + 2 + 3$,

La tension totale $T' = \frac{t_1 + t'_1}{2}$ et nous avons $T' > T$.

Or, si l'on considère la tension de chaque ressort dans ce dernier cas, 2, on voit qu'il n'y aura plus équilibre; le ressort inférieur l'emporte de 1 sur le supérieur et sur la quantité invariable qui représente le poids de la feuille; il poussera donc le pé-

tiole en haut, et fera remonter la feuille jusqu'à ce que, par la réaction du ressort supérieur, l'équilibre s'établisse.

Ainsi donc, dans ce cas particulier, quand par une augmentation proportionnelle dans la tension des deux ressorts la tension de tout l'organe a augmenté, la feuille prend une position plus élevée. Il est facile de rendre cette démonstration générale et de prouver que tel sera le résultat de toute augmentation de puissance proportionnelle, quelle que soit la position primitive du pétiole.

On démontrerait de la même façon la proposition réciproque pour le cas de la diminution proportionnelle de la force de chaque ressort.

L'augmentation et la diminution de force des deux ressorts se font-elles réellement proportionnellement à leur puissance ? Il semble que si cela arrive, ce doive être très-rarement. En effet, si on annule le poids de la feuille, en coupant le pétiole un peu au-dessus du pulvinule, les mouvements périodiques du moignon continuent. Or il est clair que, dans ce cas, si l'augmentation ou la diminution de force des deux ressorts se faisaient ainsi que je viens de le dire, la position d'équilibre ne changerait pas, le rapport des forces de chaque ressort demeurant constamment le même.

B. L'augmentation de force de chaque ressort est une quantité égale, par exemple dans chacun à la fois 2, 3, 4 etc....

Une position quelconque de la feuille étant donnée, je pose :

La force du ressort supérieur $t = 4$,
» » inférieur $t' = 6$,
La tension du pulvinule $T = \frac{t + t'}{2}$.

Je fais augmenter la force de chaque ressort de 2, j'ai :

$t_1 = 4 + 2$,
$t'_1 = 6 + 2$,
$T' = \frac{t_1 + t'_1}{2}$ et l'on a $T' > T$.

Or comme $\frac{t_1}{t'_1} > \frac{t}{t'}$, l'équilibre sera rompu et le pétiole s'abaissera jusqu'à ce qu'il ait satisfait au rapport des forces de chaque ressort.

Mais l'expérience nous a appris que les moments où le pétiole s'élève sont ceux où la force du ressort inférieur augmente, et que, quand il s'abaisse, c'est que le ressort inférieur a diminué en puissance. L'augmentation ou la diminution de la force de chaque ressort d'une quantité égale, ne peut donc nous rendre compte des mouvements du pétiole.

On démontrerait de même la réciproque pour la diminution de la force de chaque ressort d'une quantité égale.

C. Puisque l'augmentation ou la diminution de force de chaque ressort n'est ni égale ni proportionnelle à leur puissance respective, elle se fait d'une manière inégale.

Dans cette troisième hypothèse, deux cas se présentent. Je ne considérerai d'abord que l'augmentation de tension.

1° L'augmentation de force est plus grande dans le ressort supérieur que dans l'inférieur; dans ce cas, une augmentation de la tension du pulvinule se traduira par un abaissement du pétiole.

2° L'augmentation de force est plus grande dans le ressort inférieur que dans le supérieur; dans ce cas, une augmentation de la tension du pulvinule se traduira par l'élévation du pétiole.

Or le premier cas est extrêmement peu vraisemblable. Nous avons vu que si nous supposons que l'élévation du pétiole soit un signe certain de l'augmentation de tension générale du pulvinule, la marche générale de la tension dans les feuilles se trouve concorder parfaitement avec celle de la tige. Non-seulement les maxima et minima principaux, mais même les secondaires, se présentent dans le même ordre, en même temps, heure pour heure, dans la tige et les feuilles. Cette concordance ne saurait être aussi parfaite si nous avions pris comme base d'évaluation de la tension dans les feuilles une position de ces organes qui nous eût indiqué, dans la totalité des cas ou du moins dans le plus grand nombre, juste le contraire de la vérité. Il y aurait eu nécessairement entre les deux phénomènes des dissemblances, des irrégularités, et, au lieu de cette corrélation si remarquable, je dirai si lumineuse, qu'elle s'impose à l'esprit comme une nécessité, nous n'aurions plus que des faits isolés, plus ou moins étrangers les uns aux autres, et dont le lien commun ne pourrait plus être rattaché sans violence et sans artifice.

Reste donc la dernière hypothèse, d'après laquelle l'*augmentation de tension du pulvinule se fait par une augmentation simultanée de la tension des deux ressorts, augmentation inégale de l'un à l'autre, non proportionnelle à leur puissance respective, et toujours plus considérable dans le ressort inférieur que dans le supérieur.* Non-seulement la vérité de cette hypothèse se trouve démontrée par l'exclusion des autres, mais encore c'est la seule qui rende raison de la corrélation des mouvements des feuilles et des variations de tension dans la tige du *Mimosa.*

En répétant le même raisonnement pour la diminution de tension du pulvinule, on arriverait à une conclusion tout à fait semblable, à savoir : *la diminution de ten-*

sion du pulvinule se fait par une diminution simultanée de la tension de chaque ressort, diminution inégale de l'un à l'autre, non proportionnelle à leur puissance respective, et toujours plus considérable dans le ressort inférieur que dans le supérieur.

En résumé, l'augmentation de tension du pulvinule se traduit par l'élévation du pétiole, et sa diminution par l'abaissement de ce dernier.

On comprend facilement comment, dans une feuille dont une des deux moitiés du pulvinule a été enlevée, l'amplitude des mouvements diminue. Si c'est, par exemple, la moitié supérieure qui manque, la moitié inférieure obéit librement à une partie de son expansivité, et le pétiole se redresse d'abord. Supposons qu'alors la tension tombe à son minimum dans le ressort inférieur, le pétiole s'abaisse, mais d'un arc beaucoup plus petit que si la moitié supérieure du pulvinule subsistait encore. Il est clair, en effet, que le ressort inférieur n'a pas à obéir à l'excès de force que le supérieur se trouverait avoir acquis (la diminution étant plus grande dans le ressort inférieur que dans le supérieur) s'il existait encore. Si, à ce moment de minimum, la tension passe à son maximum, il semble d'abord que le relèvement du pétiole devra être beaucoup plus considérable que si le ressort supérieur était encore là pour faire équilibre à l'inférieur. Il est clair qu'il en serait ainsi si l'augmentation de force du ressort inférieur était aussi considérable dans ce cas que lorsque le ressort supérieur n'a pas été enlevé; mais il n'en est rien. Le ressort inférieur n'a qu'une expansivité limitée; il ne peut s'allonger que dans une certaine mesure. Or, comme au moment où l'on a enlevé le ressort supérieur il a obéi à la plus grande partie de son pouvoir expansif, le passage du minimum de tension au maximum ne l'allonge plus que très-peu, et son arc de relèvement se trouve raccourci comme celui d'abaissement. Il faut ajouter à cela que, dans le cas où un des ressorts a été enlevé, une partie de la force de celui qui reste est employée à courber du côté opposé le faisceau fibro-vasculaire, qui ne se trouve plus soutenu par le ressort antagoniste. Cette courbure doit évidemment s'accentuer aux heures où la tension augmente et diminuer dans les circonstances inverses. C'est ce que Brücke a observé[1].

La mesure de l'angle d'élévation de la feuille est un moyen commode et expéditif d'apprécier les variations de [illegible] pulvinule; mais il ne peut servir en rien à la mesurer ou à la comparer exactement d'une feuille à l'autre. Il y a plus : on ne peut être certain, pour une seule et même feuille, que la tension générale de son pulvinule soit la même pour deux angles d'élévation égaux. La position du pétiole dépend, en effet, du rapport de la force des deux ressorts, et ce rapport peut rester le même pour des tensions très-différentes. La différence dans une même feuille des deux

[1] Brücke, Mém. cité, p. 448.

angles de chute (après l'excitation), pour des angles d'élévation égaux (avant l'excitation), montre qu'une seule et même position du pétiole peut correspondre à des états de tension très-variés de ses deux ressorts moteurs[1]. Le seul moyen de mesurer la tension du pulvinule avec quelque exactitude est celui que Brücke a employé le premier. On trouvera des détails à ce sujet dans son Mémoire et dans divers traités de physiologie[2].

Dans tout ce paragraphe, je n'ai eu en vue que les oscillations de premier ordre. L'analogie porte à croire que le même mécanisme préside à la production des autres. Il est fort possible cependant qu'un seul des ressorts ait la faculté d'augmenter ou de diminuer de tension assez rapidement pour déterminer les oscillations de troisième ordre. Pendant le temps que dure une oscillation, la tension de l'autre ne varierait pas d'une manière sensible. S'il en est ainsi, il est fort probable, d'après ce que l'on sait des variations rapides de la tension après l'excitation, que le ressort inférieur est seul actif dans ces oscillations de troisième ordre.

Je n'insisterai pas sur les conditions premières de ces variations périodiques de tension; il est suffisamment prouvé à cette heure qu'elles résultent de la distribution de l'eau qui imbibe les tissus, la capacité d'imbibition du protoplasma, aussi bien que celle des membranes, pouvant augmenter ou diminuer. Une certaine quantité d'eau est ainsi absorbée ou mise en liberté et réagit sur la forme et les dimensions des tissus et de leurs éléments. L'analyse n'a pas encore été poussée plus loin, et les phénomènes moléculaires qui président à ces changements nous sont encore complétement inconnus.

[1] On trouvera plusienrs cas de ce genre dans la 2e partie, III, A, Plante n° 3. J'en extrais les suivants:

1re feuille :	6 h. 1/2 du matin.	Angle d'élévation avant l'excitation, 135°;	après, 100°;	différence, 35°.
»	9 h. 1/4 »	» » » 135°	» 130°	» 5°.
2e feuille :	11 h. 1/2 du soir.	» » » 130°	» 55°	» 75°.
»	1 h. 3/4 du matin.	» » » 130°	» 90°	» 40°.
»	3 h. 3/4 »	» » » 135°	» 70°	» 65°.
»	6 h. 1/2 »	» » » 135°	» 110°	» 25°.
3e feuille :	5 h. 3/4 »	» » » 115°	» 70°	» 45°.
»	8 h. »	» » » 115°	» 86°	» 29°.
4e feuille :	4 h. 1/2 du soir.	» » » 115°	» 72°	» 43°.
»	8 h. du matin.	» » » 116°	» 95°	» 21°.
»	10 h. »	» » » 125°	» 110°	» 15°.
»	1 h. du soir.	» » » 123°	» 85°	» 38°.
»	11 h. 1/2 »	» » » 125°	» 76°	» 49°.
»	midi 1/2.	» » » 123°	» 78°	» 45°.

[2] Brücke, Mém. cité, p. 440. — Sachs, *Experimentalphysiologie*, p. 486. — Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, p. 328.

Je résume les résultats les plus dignes d'attention contenus dans ce travail :

La tension est plus grande la nuit que le jour.

Elle offre des oscillations continuelles de durée variable, périodiques et paratoniques.

Les oscillations périodiques les plus longues embrassent une durée de vingt-quatre heures ; elles présentent leur maximum vers la fin de la nuit et leur minimum vers le milieu de la journée.

Les plus courtes, d'une heure de durée environ, ont lieu jour et nuit.

Les oscillations paratoniques dues aux maxima et aux minima de lumière, température, humidité et vraisemblablement encore à d'autres influences, sont plus accusées le jour que la nuit.

Elles constituent des oscillations intermédiaires pour la durée entre les oscillations périodiques les plus longues et les plus courtes. Celles qu'il m'a été donné de déterminer offrent les maxima et les minima suivants :

Minimum du matin.	Maximum de l'après-dînée.
Maximum de la matinée.	Minimum du soir.

Il semble qu'on puisse encore admettre un maximum des premières heures de la nuit, suivi d'un minimum qui précède le grand maximum de la fin de la nuit.

Toutes ces variations de tension se présentent à la fois dans les tiges et les feuilles ; néanmoins ces derniers organes, étant plus exposés aux influences paratoniques, sont ceux chez lesquels on peut observer le plus facilement ces dernières oscillations.

La Sensitive présentant dans les organes moteurs de ses feuilles un tissu soumis aux variations de tension, chacun de ses mouvements n'est que l'expression de ces variations. L'augmentation de tension se traduit par l'élévation du pétiole primaire, et la diminution par son abaissement. Telle est, en résumé, la cause prochaine des mouvements de la feuille.

Quant à la manière dont se combinent ces variations de tension dans le pulvinule primaire, pour produire les divers mouvements du pétiole, voici les conclusions que l'on peut tirer par le raisonnement des faits observés :

L'augmentation ou la diminution de tension a lieu en même temps dans les moitiés supérieure et inférieure du renflement moteur ; mais le changement est toujours plus grand dans la moitié inférieure, de sorte qu'en somme les mouvements du pétiole indiquent les variations de la tension à la fois dans le pulvinule tout entier et dans chacune de ses moitiés.

Toutefois les proportions suivant lesquelles se font ces augmentations et diminutions de tension, simultanément dans chaque moitié du pulvinule, bien que soumises à des règles, sont cependant variables dans certaines limites, de sorte qu'une élévation donnée du pétiole ne correspond pas toujours à une tension égale de l'organe.

DEUXIÈME PARTIE.

I. Tables indiquant la marche de la tension dans la tige du MIMOSA PUDICA.

(Dressées d'après la méthode exposée à la page 19 et suiv.)

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Les plantes qui ont servi à ces expériences avaient été élevées dans des pots de jardin, percés d'un orifice à la partie inférieure. La veille au soir elles étaient placées dans des soucoupes pleines d'eau, et j'avais soin d'humecter un peu avant l'expérience le sable fin dans lequel le pot était fixé. De cette façon, les conditions d'humidité de la plante variaient extrêmement peu pendant toute la durée de l'expérience. Le pot une fois fixé dans le sable humide et la plante à 45° environ, j'attendais une demi-heure avant de faire la première observation.

L'aiguille était d'abord placée à peu près horizontalement, son bras le plus court étant chargé, si besoin se trouvait, d'un poids de quelques centigrammes, afin que le bras opposé pût se relever lorsque la tension diminuait.

La valeur absolue des nombres observés n'a aucune signification d'une expérience à l'autre : par exemple, au début de l'une, l'aiguille marque 78 et au commencement d'une autre 151 ; cela indique seulement que la graduation du cadran n'était pas la même dans les deux cas. Dans la première expérience, les nombres donnés indiquent des degrés et des dixièmes de degré ; dans les trois autres, des millimètres et des dixièmes de millimètres. Dans toutes, le cadran étant gradué de bas en haut, l'augmentation de la tension se traduit par une diminution de la grandeur des nombres observés, et réciproquement.

1re *Observation.* — 21 et 22 septembre.

Plante vigoureuse de 35 centimètres de haut.

Notation en degrés et dixièmes de degré au moyen d'une aiguille en verre filé d'une longueur de 327 millimètres. Le bras le plus long était de 310 millimètres, le plus court, de 17 millimètres. A l'extrémité de ce dernier était attaché un poids de 50 centigrammes destiné à tendre le fil qui l'attachait à la plante et à faire contre-poids au bras le plus long de l'aiguille.

Le 21, temps clair. — La journée du 22 a été très-nuageuse, et les folioles des feuilles qui n'avaient pas été coupées se sont fermées une heure plus tôt que d'habitude.

La température a varié entre 18°,8 et 20°,2 C.

21 septembre,	3 h. 1/2	du soir	28°,4	— T. 20°,1. Temps très-clair le reste de la journée.
	4 h.	»	28°,7	
	4 h. 1/2	»	28°,7	
	5 h.	»	28°,8	
	5 h. 1/2	»	28°,75	
Minimum,	6 h.	»	28°,85	
	6 h. 1/2	»	28°,8	
	7 h.	»	28°,7	— T. 20°,1
	7 h. 1/2	»	28°,7	— Crépuscule.
	8 h.	»	28°,45	
	8 h. 1/2	»	28°,2	
	9 h.	»	28°,2	
	9 h. 1/2	»	28°,0	— T. 20°,2
	10 h.	»	27°,8	
	11 h.	»	27°,4	
	11 h. 1/2	»	27°,0	
	minuit	»	26°,8	— T. 20°,2
22 septembre,	minuit 1/2	»	26°,5	
	1 h.	du matin	26°,2	
	1 h. 1/2	»	25°,0	
	2 h.	»	25°,5	
	2 h. 1/2	»	24°,5	
	3 h.	»	24°,7	
	3 h. 1/2	»	24°,5	
	4 h.	»	24°,1	
	4 h. 1/2	»	23°,7	— Aube du jour.
	5 h.	»	23°,4	
Maximum,	5 h. 1/2	»	23°,1	— T. 19°,5
	6 h. 1/4	»	22°,8	
	6 h. 3/4	»	22°,75	
	7 h. 3/4	»	22°,65	— T. 19°,0. Temps nuageux toute la journée.
	8 h. 1/4	»	22°,6	
	8 h. 3/4	»	22°,7	
	9 h. 1/4	»	22°,7	
	10 h. 1/2	»	22°,75	
Minimum,	11 h. 1/4	»	23°,0	
	midi	»	22,°95	— T. 19°,3
	1 h. 1/4	du soir	22°,8	
Maximum (?)	2 h.	»	22°,8	— T. 19°
	2 h. 1/2	»	22°,85	
	3 h.	»	22°,85	— Temps obscur.
	3 h. 1/2	»	22°,8	
	4 h.	»	22°,8	
Minimum,	5 h.	»	22°,8	
	5 h. 1/2	»	22°,5	
	6 h.		22°,3	— Crépuscule.
	6 h. 1/2		22°,2	
	8 h.		22°,0	— T. 18°,8.

2e *Observation.* — 11, 12, 13 et 14 septembre.

Plante très-vigoureuse de plus de 30 centimètres de haut.
Notation en millimètres et dixièmes de millimètre.
Pendant tout le temps qu'a duré l'expérience, le temps a été beau.
La température a varié entre 19°,7 et 24°,8 C.

11 septembre,	5 h.	du soir	151	
	5 h. 1/2	»	153	
Minimum,	6 h. 1/4	»	154	
	8 h. 1/2	»	146	— Il fait nuit.
	10 h. 1/2	»	141	
	11 h. 1/2	»	138	
12 septembre,	1 h. 1/2	du matin	134	— T. 23°
	3 h.	»	130	
	5 h.	»	125	— Il fait jour. Position diurne des folioles sur les trois feuilles qui restent à la plante.
Maximum,	7 h.	»	124	
	9 h. 1/2	»	124	— T. 23°,1
	10 h. 1/2	»	124	— T. 24°
	midi		125	
Minimum,	1 h. 1/2	du soir	126	— T. 24°,8
	2 h.	»	125	
	3 h.	»	124,5	
	5 h.	»	124	— T. 24°,7
	6 h.	»	123	
	6 h. 1/2	»	122	
	8 h. 1/2	»	121	— Il fait nuit.
	. . . . . .	. . . . . .		
13 septembre,	5 h.	du matin	117	— T. 21°. Il fait jour.
Maximum,	6 h.	»	117	
	9 h.	»	118,5	
	10 h.	»	118,5	
	midi 1/2		120	— T. 21°
Minimum,	2 h. 1/2	du soir	120,5	
	3 h. 1/2	»	120,5	— T. 21°,6
Maximum (?)	5 h.	»	120	— T. 22°
Minimum,	6 h.	»	120,5	— T. 21°,8
	8 h.	»	119	— Il fait nuit.
	10 h. 1/2	»	118	— T. 20°,5
	. . . . . .	. . . . . .		
14 septembre,	2 h.	du matin	117	— T. 19°,7
Maximum,	5 h.	»	117	— Il fait jour.
	8 h. 3/4	»	118	— T. 20°

A la fin de l'expérience, c'est-à-dire après trois jours et demi de position à 45°, l'extrémité de la tige faisait un angle de 25° environ avec le reste de la plante.

3e *Observation.* — 18, 19 et 20 septembre.

Cette expérience a été faite simultanément avec la suivante.

Plante vigoureuse de 30 centimètres de hauteur environ.

Temps clair pendant toute la durée de l'expérience, excepté dans l'après-dînée du 19.

Température variant entre 18°,7 et 21°,8.

18 septembre,	3 h. 1/2	du soir	132,5	— T. 20°,1
	4 h. 1/2	»	132	
Minimum,	5 h. 3/4	»	131,5	— T. 19°,9
	7 h. 1/4	»	131	— La nuit tombe.
	8 h. 1/4	»	131	
	9 h. 1/2	»	130,5	— T. 19°,9
	10 h. 1/2	»	130	
	11 h. 1/2	»	130	
19 septembre,	minuit 1/2		129	— T. 19,5
	1 h. 1/2	du matin	128,5	
	2 h. 1/2	»	128,5	— T. 19°
	3 h. 1/2	»	128	
	4 h. 1/2	»	127,5	— Aube du jour.
Maximum,	5 h. 1/2	»	127	— T. 18°,7
	6 h. 1/2	»	127	
	9 h.	»	127	
	10 h.	»	127	— T. 21°
	11 h.	»	127,5	
	midi		128	— T. 20°,7
Minimum,	1 h.	du soir	128,3	— T. 21°,8
	2 h.	»	128,1	— T. 23°
	2 h. 1/2	»	128	
Maximum,	3 h.	»	127,5	
	3 h. 1/2	»	128,3	— T. 21°,2. Temps couvert, orage.
	4 h.	»	128,5	
	4 h. 1/2	»	129	
	5 h.	»	129	— Temps sombre.
	5 h. 1/2	»	129,3	
	6 h.	»	129,2	— T. 20°,5
Minimum,	7 h.	»	130	— Presque nuit.
	8 h.	»	129,8	— T. 19°,9
	9 h.	»	129,5	
	9 h. 1/2	»	129,2	
	. . . .			
20 septembre,	4 h. 1/2	du matin	128	— T. 18°,8. Aube du jour.
Maximum,	7 h.	»	128	
Minimum,	7 h. 1/2	»	128,5	
	. . . .			
	. . . .			

La plante ayant été dérangée par un accident, l'expérience est reprise à 2 1/2 heures

du soir. Les nombres qui indiquent la marche de l'aiguille n'ont aucun rapport avec les précédents.

	2 h. 1/2	du soir	134	
	3 h.	»	134	— T. 21°
	4 h.	»	134,2	
	4 h. 1/2	»	134,4	
	5 h.	»	134,4	— T. 20°,9
	5 h. 1/2	»	134,6	
Minimum,	6 h. 1/4	»	134,7	
	7 h. 1/2	»	134,5	— La nuit tombe.
	8 h.	»	134,5	— T. 20°,3
	8 h. 1/2	»	134,2	
	9 h. 1/2	»	134,1	

4e *Observation.* — 18, 19, 20 et 21 septembre.

Faite simultanément avec la précédente.

Plante vigoureuse de 35 centimètres de hauteur environ.

Temps et température comme pour l'expérience précédente.

18 septembre,	10 h.	du matin	78	— T. 20°
Minimum,	midi 1/2		79	
	2 h. 1/4	du soir	78,5	
	3 h. 1/2	»	79	
	4 h. 1/2	»	78,6	— T. 20°
Minimum,	5 h. 3/4	»	78,5	
	7 h. 1/4	»	77,5	— La nuit tombe.
	8 h. 1/4	»	77	
	9 h. 1/2	»	75	— T. 19°,9
	10 h. 1/2	»	75	
	11 h. 1/2	»	74,5	
19 septembre,	minuit 1/2	»	74	
	1 h. 1/2	du matin	73,5	
	2 h. 1/2	»	72,5	— T. 19°
	3 h. 1/2	»	71,5	
	4 h. 1/2	»	70	— T. 18°,8. Aube du jour.
	5 h. 1/2	»	68,5	
Maximum (?)	6 h. 1/2	»	67,5	— T. 19°
	9 h.	»	66,5	
	10 h.	»	66,5	— T. 21°
	11 h.	»	66,5	
	midi	»	66,8	
Minimum,	1 h.	du soir	68,3	
	2 h.	»	67,5	— T. 23°
	2 h. 1/2	»	67,3	
Maximum,	3 h.	»	66	— Temps couvert. Orage.
	3 h. 1/2	»	66,3	— T. 21°,2
	4 h.	»	66,5	
	4 h. 1/2	»	66,3	
	5 h.	»	66,5	— T. 21°. Temps sombre.

Minimum,	5 h. 1/2	du soir	67	
	6 h.	»	66,5	
	7 h.	»	65,2	— Presque nuit.
	8 h.	»	65,3	— T. 19°,9
	9 h.	»	64	
	9 h. 1/2	»	63,7	
	. . . .		. . . .	
20 septembre,	4 h. 1/2	du matin	60	— T. 18°,8. Aube du jour.
	7 h.	»	60	
	7 h. 1/2	»	59,5	
	8 h.	»	59,5	
Maximum,	9 h.	»	59	
	9 h. 1/2	»	59,2	
	10 h.	»	59,2	
	10 h. 1/2	»	59,8	
	11 h. 1/2	»	60	— T. 20°,4
	midi 1/2	»	61	
	1 h.	du soir	61,1	
	1 h. 1/2	»	61,4	
Minimum,	2 h.	»	61,5	— T. 21°
	2 h. 1/2	»	61,2	
	3 h.	»	61,5	— T. 21
	4 h.	»	61,5	
	4 h. 1/2	»	62	
	5 h.	»	62	— T. 20°,9
	5 h. 1/2	»	62	
Minimum,	6 h. 1/4	»	61,9	— T. 20°,8
	7 h. 1/2	»	61,5	— La nuit tombe.
	8 h.	»	61,2	— T. 20°,3
	8 h. 1/2	»	61	
	9 h. 1/2	»	60,5	
	. . . .	. . . . . .		
21 septembre,	8 h.	du matin	58	

II. Tables indiquant la marche de la tension dans l'écorce des arbres croissant en plein air.

Communiquées par M. le docteur G. Kraus, professeur de botanique à l'Université d'Erlangen (Traduction).

Dans mon travail sur la tension des tissus dans les tiges (*Bot. Zeit.*, 1867, p. 105), j'ai montré que l'écorce de la tige et des branches dans nos arbres est soumise à une tension très-forte dans le sens tangentiel. En outre, j'ai établi ce fait que, pendant la journée, la tension de l'écorce n'est pas constante et d'une intensité égale, qu'elle diminue depuis le matin jusque vers midi ou les premières heures de l'après-dînée et, à partir de ce moment, augmente jusqu'au soir, où elle arrive à la grandeur qu'elle présentait dans les premières heures de la matinée. Ce phénomène détermine une période diurne de la tension avec un minimum placé au milieu de la journée.

Quant à l'état de la tension pendant la nuit, je n'en parlai point dans ce Mémoire et laissai, sans la résoudre, la question de savoir si pendant ce temps la tension reste stationnaire, ou bien si elle est soumise à des variations. Mes observations sur la marche de la tension dans les branches qui, pendant la journée, sont placées dans l'obscurité, rendaient le dernier cas plus probable. Dans ces expériences, en effet, on voit la tension atteindre aussitôt la grandeur qu'elle offre à la nuit et exécuter des oscillations en plus ou en moins, de deux heures de durée environ.

Les expériences qui suivent établissent la marche nocturne de la tension dans les arbres vivant en plein air. Elles ont été faites sur un Pommier de 40 ans environ, un Marronnier d'Inde de 18, un Mûrier de 15 et un Noyer de 25 ans.

La méthode que j'ai employée est celle qui m'a déjà servi pour le Mémoire cité plus haut. Au moyen de deux coupes horizontales, je taille un lambeau d'écorce, qu'une troisième coupe verticale ouvre sur un de ses côtés. Je le sépare ensuite du bois avec le plus grand soin dans tout son pourtour, de sorte que sa surface interne soit bien unie. Cela fait, je le replace dans sa position normale, j'en rapproche les deux extrémités autant que possible et j'en mesure l'écartement. Le nombre ainsi obtenu exprime la grandeur de la tension.

1. *Morus nigra.* — 2-3 septembre.

Tronc. — 1,5 centimètres au-dessus de terre. A cette hauteur. la circonférence mesure 147 millimètres.

5 h. matin	1 h. soir	6 h. soir	8 h. soir	9 h. 1/2 soir	11 h. soir	minuit 1/2	1 h. matin
2,5	1,8	2,8	2,8	3,0	3,0	2,5	3,0

2. *Æsculus Hippocastanum.* — 2-3 septembre.

Tronc. — 3 centimètres au-dessus de terre. — Circonférence à cette hauteur : 290 millimètres.

7 h. soir	9 h. soir	10 h. soir	11 h. 1/2 soir	minuit 1/2	4 h. 1/2 matin	9 h. 3/4 matin
4,0	6,0	5,0	6,0	5,0	5,0	4,5

3. *Le même arbre.* — 3-4 septembre.

1 centimètre au-dessus du point précédent.

midi	7 h. 1/2 soir	9 h. 1/2 soir	11 h. soir	minuit 1/2	1 h. 1/2 matin	6 h. matin
4,5	5,0	6,0	5,3	5,0	6,0	5,8

10 h. matin	midi	8 h. soir	9 h. soir	2 h. matin	3 h. matin	4 h. matin	5 h. matin*)
4,0	4,0	5,5	5,0	4,5	5,0	4,0	6,0

10 h. matin	1 h. 1/2 soir
4,0	3,8

4. *Le même.* — 12-13 septembre.

A 15 centimètres de terre.

6 h. 3/4 soir	9 h. s.	4 h. matin	4 h. 3/4 m.*)	5 h. 1/4 m.**)	6 h. m.	7 h. m.	6 h. soir
3,5	3,3	4,8	3,8	3,5	3,0	2,8	3,5

5. *Pirus Malus.* — 12-13 septembre.

Tronc. — $1^m,5$ au-dessus du sol. — Circonférence à cette hauteur : 90 centimètres.

1 h. soir	7 h. s.	9 h. s.	4 h. matin	5 h. m.*)	5 h. 1/2 m.**)	6 h. m	7 h. m.	midi
14,0	14,4	15,0	16,3	17,0	15,5	15,0	15,0	13,5

6 h. soir**)	9 h. s.	11 h. s.	minuit	1 h. 1/2 matin	3 h. 1/2 m.	4 h. m.	5 h. m.*)	7 h. 1/2 m.
14,0	15,0	15,0	16,5	14,0	15,5	15,5	16,5	13,0

6. *Le même arbre.*

Deux branches séparées de l'arbre par la scie. La première mesure 195 millimètres de circonférence, la seconde 205 millimètres.

6 h. 1/2 soir	9 h. soir	11 h. soir	minuit	1 h. matin	4 h. matin	midi
5,3	6,0	5,0	6,0	6,0	5,0	4,5
5,8	6,0	5,3	5,0	6,0	5,8	4,5

*) Aube du jour. **) Grand jour.

7. *Le même.*

Branches sciées au commencement de l'expérience, environ deux fois aussi fortes que les précédentes.

7 h. 1/2 soir	9 h. 1/2 soir	3 h. matin	4 h. matin	5 h. matin*)	6 h. matin**)
11,0	9,3	9,8	10,3	10,5	8,8
8,8	9,0	7,5	8,0	8,0	5,0
6,8	6,2	5,0	5,5	5,5	5,0

8. *Le même.*

Tronc. — Mesures faites en deux points : quelques centimètres au-dessus du sol et un mètre au-dessus. — Circonférence à cette dernière hauteur : 104 centimètres.

6 h. soir	9 h. s.	6 h. matin	8 h. m.	10 h. 1/2 m.	midi	3 h. s.	5 h. s.	6 h. s.***)
12,5	14,0	12,5	12,0	10,0	10,5	12,0	12,0	13,0
16,5	17,0	15,2	14,6	14,0	12,5	12,8	12,8	13,0

8 h. s.	9 h. s.	11 h. s.	minuit 1/2	2 h. matin	3 h. m.	4 h. m.	5 h. m.*)	5 h. 3/4 m.**)	6 h. 3/4
12,0	13,0	12,5	13,0	12,5	11,5	11,8	12,5	13,8	11,5
13,0	14,5	13,0	13,2	12,5	13,3	12,8	12,0	14,5	11,5

9. *Juglans regia.* — 24 septembre.

Premières mesures faites en un point élevé de 90 centimètres au-dessus du sol, et où la circonférence mesure 65 centimètres. — Secondes mesures à 153 centimètres du sol; la circonférence mesure 58 centimètres.

3 h. soir	4 h. s.	5 h. s.	6 h. s.**)	7 h. s.****)	8 h. s.	9 h. s.	10 h. s.	minuit
15,5	15,5	16,0	17,0	17,3	17,5	16,3	16,3	16,3
13,5	12,5	14,3	16,0	16,5	16,5	15,5	15,8	16,0

2 h. matin	3 h. m.	4 h. m.****)	5 h. m.*)	6 h. m.**)	7 h. m.	8 h. m.	9 h. 1/2 m.
15,5	16,3	17,0	18,0	16,0	16,0	15,0	14,5
14,0	15,5	15,5	17,0	15,0	14,5	14,5	13,0

11 h. matin	midi 1/2	1 h. soir	5 h. s.	6 h. s.	7 h. s.	8 h. s.
14,5	13,5	14,5	14,5	17,0	15,0	15,0
12,5	12,0	12,8	13,0	15,5	14,5	—

De ces nombres découlent les résultats suivants :

1° Pendant la nuit, la tension offre une grandeur bien supérieure à celle de l'état diurne, et présente également des oscillations continuelles.

2° Au milieu de ces oscillations on peut reconnaître avec certitude un grand maximum coïncidant avec l'aube du jour (obs. 3, 4, 5, 7, 8, 9) et un petit à l'entrée de la nuit.

3° Dans l'intervalle se montrent des oscillations; elles sont tantôt régulières (obs. 2, 3 etc.), tantôt irrégulières.

*) Aube du jour. **) Grand jour. ***) Tombée de la nuit. ****) Nuit.

III. Marche de la tension dans les feuilles du MIMOSA PUDICA sous l'influence des conditions biologiques normales.

A.

OSCILLATIONS DE PREMIER ORDRE.

Dans le but de déterminer ces variations de premier ordre, j'ai entrepris une série d'observations répétées autant que possible toutes les deux heures sans interruption, pendant les 29, 30, 31 juillet et 1er août 1868. Elles ont porté simultanément sur cinq Sensitives en pot, bien vigoureuses, d'une hauteur variant entre 15 et 30 centimètres. Je voulais, par cette observation simultanée de plusieurs individus, déterminer ce que le phénomène avait de général et ce qui pouvait être regardé comme accidentel, les circonstances extérieures restant les mêmes. Je n'ai point fait l'expérience inverse, qui eût été également fort instructive. Les résultats que j'ai obtenus varient très-peu d'une plante à l'autre. On s'en assurera en comparant les observations que j'ai traduites graphiquement dans la pl. I, ainsi que la table de la p. 63. Bien que j'aie dressé également des tables semblables pour les autres plantes mises en expérience, j'ai jugé inutile de les publier, à cause de leur concordance avec celles que le lecteur a sous les yeux.

L'angle d'élévation des feuilles a été mesuré par la méthode décrite p. 26.

Les plantes étaient placées sur une table tout contre une fenêtre donnant à l'est, où elles recevaient les rayons du soleil de 5 1/2 heures à 9 1/2 heures du matin.

A 3 1/2 heures, le jour commençait à poindre, et la nuit tombait vers 8 heures.

Pour obtenir une humidité sensiblement constante de la terre du pot, chaque plante était placée dans une soucoupe où j'avais soin qu'il y eût toujours un peu d'eau.

Les fenêtres étaient ouvertes ou fermées de façon à entretenir autant que possible une température égale et favorable au développement des plantes.

Les changements de température étaient déterminés au moyen d'un thermomètre centigrade suspendu à côté des plantes, à l'abri des rayons solaires. Pendant tout le temps qu'a duré l'expérience, la température de l'air ambiant a varié entre 21°,5 et 25° seulement.

Voici le bulletin général des observations :

29 juillet. — Le ciel a été couvert toute la journée et le soleil n'a pas paru. Avant la première expérience, la température a varié entre 24° et 21°,5.

	6 h. 1/2 du soir	T. 21°,5	Plantes assez peu sensibles.
	8 h. 1/2 »	T. 21°,5	Position nocturne dans toutes les folioles. Après les observations je ferme la fenêtre.
	11 h. 1/2 »	T. 23°	Feuilles facilement excitables.
30 juillet. —	1 h. 3/4 du matin	T. 23°	
	3 h. 3/4 »	T. 22°,4	Aube du jour.
	6 h. 1/2 »	T. 22°,4	Soleil pâle, temps nuageux. Après l'observation j'ouvre la fenêtre.
	9 h. 1/4 »	T. 23°	Très-peu de soleil.
	11 h. 1/2 »	T. 23°	Temps très-nuageux. La fenêtre est fermée à cause du vent.
	2 h. du soir	T. 23°	Même temps.
	4 h. 1/2 »	T. 23°	Idem.
	7 h. »	T. 22°,5	Idem. Position de sommeil dans toutes les folioles. Excitabilité très-grande. Grand jour.
	9 h. »	T. 22°,4	
	11 h. 1/3 »	T. 22,°4	
31 juillet. —	1 h. 1/2 du matin	T. 22°	Excitabilité assez faible.
	3 h. 3/4 »	T. 21°,7	Aube du jour.
	5 h. 3/4 »	T. 23°,3	Position diurne dans toutes les folioles. Ciel pur; le soleil donne sur les plantes.
	8 h. »	T. 25°	La fenêtre est toujours fermée. Soleil ardent, ciel pur.
	10 h. »	T. 25°	Idem.
	1 h. du soir	T. 25	Idem.
	3 h. »	T. 24°,8	Fenêtre ouverte.
	5 h. »	T. 24°,5	Quelques folioles commencent à se replier dans les feuilles supérieures. A la suite d'une excitation, un grand nombre ne s'ouvrent plus.
	7 h. »	T. 24°	Position nocturne des folioles dans toutes les feuilles. Excitabilité assez grande.
	9 h. »	T. 24°	L'excitabilité paraît augmentée.
	11 h. 1/2 »	T. 23°,7	
1er août. —	2 h. 1/2 du matin	T. 23°	Excitabilité assez grande.
	4 h. 1/2 »	T. 23°	Grand jour. Dans toutes les plantes, les folioles des feuilles inférieures seulement sont en position diurne (180°).
	5 h. 1/2 »		Dans toutes les feuilles, position diurne des folioles. Un soleil pâle commence à donner sur les plantes.
	8 h. »	T. 24°	Fenêtres fermées. Le soleil devient plus ardent. Temps clair.
	10 h. »	T. 24°	Excitabilité très-faible. Temps très-clair.
	midi 1/2	T. 23°,2	
	3 h. du soir	T. 23°,3	Excitabilité assez grande.

La plante n° 1 (pl. I) était haute de 145 millimètres. La feuille supérieure (F. 1) présentait une longueur de 55 millimètres; ses folioles étaient presque entièrement déployées. Les observations ont porté sur les cinq feuilles, qui étaient très-vigoureuses.

La plante n° 2 (pl. I) présentait une hauteur de 26 centimètres. De ses six feuilles, la supérieure (F. 1), longue de 35 millimètres, n'avait pas encore ses folioles étalées; la cinquième était un peu souffrante.

Plante n° 3. Hauteur 16 centimètres. Six feuilles, la supérieure longue de 3 centimètres, à folioles non encore déployées.

NB. Le premier nombre à gauche de chaque colonne exprime l'angle d'élévation de la feuille avant l'excitation; le second, le même angle après l'excitation; le troisième, la différence de ces deux nombres, c'est-à-dire l'angle de chute de la feuille.

	FEUILLE 1.	FEUILLE 2.	FEUILLE 3.	FEUILLE 4.	FEUILLE 5.	FEUILLE 6.
29 juillet, 6 h. 1/2 du soir	135	135	120	130	98	98
8 h. 1/2 »	125 125 0	110 50 60	102 55 47	105 70 35	80 50 30	70 45 25
11 h. 1/2 »	125 120 5	130 55 75	118 60 58	110 70 40	90 65 35	90 60 30
30 juillet, 1 h. 3/4 du mat.	115 110 5	130 90 40	145 77 68	140 85 55	135 80 55	120 70 50
3 h. 3/4 »	120 115 5	135 70 65	140 80 60	145 85 60	130 80 50	120 60 90
6 h. 1/2 »	135 100 35	135 110 25	140 95 45	145 90 55	125 88 37	115 70 45
9 h. 1/4 »	135 130 5	115 65 50	135 80 55	120 85 35	108 75 33	100 78 22
11 h. 1/2 »	135 138 −3*	112 70 42	120 80 40	115 85 30	82 65 17	90 62 28
2 h. du soir	145 120 25	105 80 25	108 80 28	108 100 8	82 82 0	80 65 15
4 h. 1/2 »	135 132 3	102 55 47	118 68 50	115 72 43	100 60 40	85 55 30
7 h. »	110 110 0	85 45 40	95 50 45	95 60 35	82 50 32	75 40 53
9 h. »	105 95 10	100 45 55	100 60 40	110 75 35	95 65 30	85 55 30
11 h. 20 »	110 115 −5†	115 55 60	125 115 10	130 84 46	120 80 40	110 70 40
31 juillet, 1 h. 1/2 du mat.	120 100 20	135 65 70	140 68 72	145 85 60	135 80 55	125 70 55
3 h. 3/4 »	130 105 25	148 65 83	152 72 80	150 80 70	135 80 55	132 72 60
5 h. 3/4 »	150 130 20	105 60 45	115 70 45	130 88 42	90 70 20	100 65 35
8 h. »	145 130 15	100 90 10	115 86 29	116 95 21	80 72 18	95 85 10
10 h. »	145 135 10	105 88 17	120 82 38	125 110 15	85 66 19	100 90 10
1 h. du soir	130 130 0	104 60 44	104 60 44	123 85 38	90 70 20	86 60 26
3 h. »	140 105 35	115 55 60	115 58 57	130 80 50	90 60 30	90 60 30
5 h. »	122 80 42	95 45 50	105 50 55	110 60 50	85 55 30	88 55 33
7 h. »	102 75 27	90 40 50	90 47 43	105 65 40	82 57 25	82 45 47
9 h. »	105 73 32	100 48 52	105 55 50	112 75 37	104 70 34	100 60 40
11 h. 1/2 »	113 74 39	115 53 62	120 58 62	125 76 49	115 75 40	115 65 50
1er août, 2 h. 1/2 du mat.	130 85 45	125 58 67	140 60 80	142 85 57	125 75 50	122 70 52
4 h. 1/2 »	135 89 46	137 68 69	150 70 80	147 80 67	130 70 60	134 70 64
5 h. 1/2 »	135	140	143	145	118	120
8 h. »	125 110 15	92 60 32	100 68 32	120 102 18	100 66 34	95 95 0
10 h. »	128 110 18	110 96 14	108 84 14	135 105 20	90 85 5	95 90 5
midi 1/2 »	128 85 43	100 55 45	110 63 47	123 78 45	88 60 28	90 60 30
3 h. du soir	132 82 50	102 48 54	110 58 52	110 68 42	89 55 34	90 58 32

* Il m'a semblé que ce relèvement anormal était dû à une flexion de l'extrémité de la tige produite par l'abaissement de la seconde feuille.

† Même remarque que précédemment. Le pétiole s'est de plus légèrement courbé en haut.

B.

OSCILLATIONS DE SECOND ET DE TROISIÈME ORDRE.

J'ai eu recours, pour la constatation des variations de deuxième et de troisième ordre, à des observations répétées à de courts intervalles pendant un temps plus ou moins long.

La pl. II donne la suite d'observations faites, sur une seule plante, tous les quarts d'heure, de 4 heures du matin à 9 heures du soir (15 septembre).

L'observation consignée dans la pl. III représente la marche de la tension dans les feuilles d'une autre plante observée également tous les quarts d'heure, de 7 1/2 heures du soir à 6 1/4 heures du matin (nuit du 18 au 19 septembre). Ces deux observations peuvent être considérées comme se faisant suite et représentent la marche de la tension pendant une période diurne complète.

Enfin les pl. V et VI représentent les oscillations les plus courtes de la tension dans deux feuilles seulement, au moyen d'observations répétées toutes les cinq minutes par le procédé indiqué p. 26. L'une des observations (pl. V) dura de 4 heures 20 m. du matin à 9 heures du soir (15 septembre). L'autre (pl. VI) de 7 1/2 heures du soir à 6 1/4 heures du matin (nuit du 18 au 19 septembre). Ces deux observations représentent donc ensemble la marche de la tension pendant une période diurne complète[1].

Les diverses plantes qui ont servi à ces observations étaient placées dans les mêmes conditions que j'ai énumérées précédemment à propos des oscillations principales de la tension dans les feuilles (p. 61). Il est inutile d'insister davantage sur ces détails.

Suit le bulletin de chaque observation en particulier.

1re *Observation.* Pl. II.

(15 septembre. — De 4 heures du matin à 9 heures du soir.)

Plante vigoureuse. Six feuilles bien vertes, la supérieure à folioles déployées. Temps très-beau. La plante ne reçoit toute la journée que de la lumière diffuse. Température comprise entre 19°,6 et 22° C.

4 h. 20	du matin.	T. 21°,7.	Position de sommeil dans les folioles de presque toutes les feuilles.
4 h. 35	»	—	Aube du jour.
5 h.	»	—	La feuille inférieure seule a ses folioles en position diurne complète; dans la cinquième, elles sont à 160°; dans la quatrième, à 140°; dans la troisième, à 45°; dans les deux premières, au contact.

[1] Il ne s'agit ici que des deux lignes inférieures des pl. V et VI, les deux supérieures appartenant à une plante placée dans l'obscurité.

5 h. 1/2	du matin.	—	L'ouverture des folioles est augmentée. Dans les deux dernières feuilles, elles sont à 180°; dans la quatrième, à 160°; dans la troisième, à 130°; dans la deuxième, à 60°; dans la première, au contact.
6 h.	»	T. 22°.	Les folioles sont étalées dans toutes les feuilles, excepté la première, où elles sont à 45°.
6 h. 1/2	»	—	Folioles complétement étalées dans toutes les feuilles.
8 h.	»	T. 20°,7.	
8 h. 1/2	»	T. 20°,4.	
9 h. 1/2	»	T. 20°,5.	
10 h. 1/2	»	T. 19°,6.	
Midi 1/2	»	T. 19°,8.	
2 h. 1/4	du soir.	T. 20°.	
3 h. 1/4	»	T. 20°,4.	
4 h.	»	T. 20°.	Position de sommeil commençante pour les folioles des trois feuilles supérieures: dans la première, à 150°; dans la seconde, à 160°; dans la troisième, à 170°; dans les trois dernières, à 180°.
5 h.	»	T. 20°.	
5 h. 1/2	»	—	Folioles de la première feuille à 90°; dans la seconde, à 105°; dans la troisième, à 120°; dans la quatrième, à 150°; dans la cinquième, à 160°; dans la sixième, à 170°. Les pétioles secondaires de la première feuille se rapprochent, les deux extrêmes ne font plus qu'un angle de 90°.
6 h. 1/4	»	T. 20,2.	Folioles de la première feuille au contact; de la deuxième, à 5°; de la troisième, à 20°; de la quatrième, à 45°; de la cinquième, à 90°; de la sixième, à 130°. Les pétioles secondaires se sont légèrement reployés dans toutes les feuilles.
6 h. 3/4	»	—	Crépuscule. — Folioles au contact dans toutes les feuilles, excepté la cinquième, où elles sont à 15°, et la sixième, à 80°.
7 h.	»	—	Nuit complète.
7 h.	»	T. 20,2.	Même position des folioles. Pétioles secondaires extrêmes de la première feuille faisant un angle de 15°; de la deuxième, 20°; de la troisième, 20°; de la quatrième, 50° etc.
9 h.	»	—	Position diurne complète. Folioles partout appliquées, excepté dans la sixième feuille, où elles sont à 20°. Pétioles secondaires extrêmes dans les trois premières feuilles, faisant un angle de 15 à 20°; dans la quatrième, de 45°; dans la cinquième, de 60°; dans la sixième, de 130°.

2e *Observation.* Pl. III.

(Nuit du 18 au 19 septembre. — De 7 1/2 heures du soir à 6 1/2 heures du matin.)

Cette plante avait passé la journée sur la table près de la fenêtre. La température, à 10 heures du matin, était de 20°, à 2 heures du soir de 20°,4. Le ciel avait été un peu couvert dans la matinée jusqu'à 10 heures; à partir de ce moment le temps fut très-beau.

Ce qui frappe dans cette observation, ainsi que dans la quatrième faite le même jour, c'est le retard considérable du minimum du soir. Je l'attribue à la diminution de la quantité de lumière qu'ont reçue les plantes par suite de l'état du ciel avant midi. En effet, quatre plantes qui se trouvaient avec celle-ci sur la table, dans la chambre (très-près de la fenêtre), présentèrent le même retard, tandis que chez deux

autres plantes placées en dehors sur la fenêtre, il n'était pas appréciable. Il faut rapprocher ce fait d'un semblable consigné à la pl. I, 1 et 2. On voit que le premier jour de l'expérience le minimum du soir subit un retard de plusieurs heures. Or j'ai déjà fait observer que toute la journée le ciel avait été couvert (p. 62); la température avait été normale.

Pendant la durée de cette observation, la température a varié entre 18°,5 et 19°,9 C. Les cinq feuilles supérieures de la plante sont vigoureuses et bien développées.

18 septembre,	7 h. 1/2	du soir.	T. 19°,8.	Nuit complète. Les folioles des cinq feuilles supérieures sont au contact.
	9 h. 1/2	»	T. 19°,9.	
	11 h. 1/2	»	T. 19°,6.	
19 septembre,	minuit 1/2		T. 19°,5.	
	2 h.	du matin.	T. 19°.	Les pétioles secondaires commencent à s'écarter de la cinquième feuille vers la première.
	2 h. 3/4	»	—	La seconde feuille s'abaisse d'elle-même subitement, sous mes yeux, et sans la moindre excitation.
	3 h.	»	—	Même chose pour la cinquième.
	3 h. 1/2	»	T. 19°.	
	4 h.	»	—	Folioles au contact dans les trois premières feuilles; à 35° dans la quatrième; à 45° dans la cinquième. Pétioles secondaires en position diurne dans la cinquième feuille; les deux extrêmes, à 130° dans la quatrième; 170° dans la troisième; 50° puis 30° dans la deuxième et la première feuille.
	4 h. 1/2	»	T. 18°,8.	Premières lueurs du jour.
	5 h.	»	—	Les folioles des deux feuilles supérieures seules appliquées; dans la troisième à 50°; la quatrième à 60°; la cinquième, id. Pétioles secondaires extrêmes de la première feuille à 55°; de la deuxième à 120°; des suivantes, à peu près en position diurne.
	6 h.	»	T. 18°,5.	La feuille supérieure seule a encore ses folioles appliquées, et ses pétioles secondaires extrêmes à 120°.
	6 h. 3/4	»	—	Position diurne complète dans toute la plante, tant pour les folioles que pour les pétioles secondaires.

3e *Observation.* Pl. V, F. 3 et F. 4.

(15 septembre. — De 4 heures du matin à 9 heures du soir.)

Mêmes remarques que pour la première observation qui a été faite le même jour, si ce n'est que la plante a été exposée aux rayons solaires directs de 6 heures 35 m. à 7 heures 10 m. du matin.

L'observation n'a porté que sur la troisième et la quatrième feuille d'une Sensitive, vigoureuse du reste. Les variations de hauteur du pétiole ont été déterminées par le procédé mentionné p. 26, et représentées à une échelle quadruple dans la pl. V et la suivante, afin de rendre les changements plus apparents.

4[e] *Observation*. Pl. VI, F. 3 et F. 4.

(Nuit du 18 au 19 septembre. — De 7 heures 30 m. du soir à 6 heures 15 m. du matin.)

Mêmes remarques que pour la deuxième observation faite le même jour. Même plante que pour l'observation précédente.

IV. Marche de la tension dans les feuilles du MIMOSA PUDICA sous l'influence de l'obscurité prolongée.

Cette marche a été déterminée au moyen d'observations faites tous les quarts d'heure dans une première série d'expériences, et de dix en dix minutes dans une seconde. Les plantes étaient, les unes, dans une armoire fermant bien et placée dans une chambre très-obscure ne recevant de la lumière que par une étroite ouverture donnant sur un escalier; les autres, dans la même chambre, sous des cloches de 90 centimètres de haut recouvertes d'un voile noir double. L'obscurité dans laquelle elles se trouvaient était donc aussi complète que possible. Comme j'étais obligé, à chaque observation, de me servir d'une bougie, il me parut convenable de ne point trop les multiplier afin que la lumière ne vînt pas altérer la marche du phénomène. Une humidité constante était entretenue au moyen de soucoupes contenant toujours un peu d'eau.

Dans la première observation, j'ai suivi de quart d'heure en quart d'heure les mouvements des feuilles chez une plante laissée à l'obscurité depuis la fin de la nuit jusqu'à 9 heures du soir (15 septembre). La deuxième observation peut être considérée comme faisant suite à celle-ci. Elle commença à 7 1/2 heures du soir pour se terminer à 6 1/4 heures du matin (nuit du 18 au 19 septembre). J'avais eu soin de laisser à l'obscurité complète, pendant toute la journée du 18, la plante qui servit à cette expérience. Au moment où je commençai les observations, elle se trouvait donc sensiblement dans le même état que celle qui avait servi à l'expérience précédente. Les tableaux de ces deux observations sont réunis dans la pl. IV.

Pour contrôler les résultats ainsi obtenus, j'instituai une deuxième série d'observations simultanées sur la 2[e] et la 3[e] feuille d'une plante placée dans des conditions identiques. Mais tandis que dans les deux observations dont il vient d'être question, les mouvements étaient appréciés au moyen d'un rapporteur, et de quart d'heure en quart d'heure, j'eus recours dans celles-ci au second procédé et à des observations répétées toutes les dix minutes.

Comme les deux observations précédentes, celles-ci se font suite. Elles sont consignées dans les pl. V et VI. Je ferai observer qu'il ne s'agit ici que des deux lignes supérieures (F. 2 et F. 3); les deux inférieures représentent, ainsi que je l'ai déjà dit, la marche de la tension dans les feuilles 3 et 4 d'uue plante placée pendant le même temps à la lumière, c'est-à-dire dans ses conditions normales.

J'ajoute quelques remarques relatives à chaque observation en particulier.

1re *Observation.* Pl. IV, tableau de gauche.

(15 septembre. — De 4 1/2 heures du matin à 9 heures du soir.)

Il y a eu pendant les premières heures de l'observation plusieurs accidents qui interrompirent à différentes reprises la marche de l'expérience. A 7 heures, je changeai la plante de place, et l'observation suivit dès lors un cours régulier. Afin de mieux apprécier l'influence de l'obscurité sur la marche de la tension, il est nécessaire de comparer cette observation à celle que j'ai faite à pareil jour sur une plante laissée à la lumière, p. 64 et pl. II.

Pendant la durée de cette expérience, la température a varié entre 19°,5 et 20°,4 C.

Plante vigoureuse. Les quatre feuilles supérieures seules ont été observées. Toutes étaient bien développées.

5 h.	du matin.	—	Les feuilles 1 et 2 ont leurs folioles au contact. Dans les feuilles 3 et 4 les folioles font un angle de 140°.
6 h. 1/4	»	T. 19°,8.	La feuille 1 a seule ses folioles encore au contact.
7 h. 3/4	»	—	Feuille 1, folioles à 40°; feuille 2, à 80°; feuille 3, à 100°; feuille 4, à 160°.
8 h. 1/2	»	T. 19°,8.	Feuille 1, folioles à 40°; feuille 2, à 45°; feuille 3, à 80°; feuille 4, à 140°.
9 h. 1/4	»	—	Position des folioles comme plus haut.
11 h. 1/4	»	T. 19°,5.	Folioles sensiblement dans la même position.
Midi.		T. 19°,9.	Idem.
Midi 1/2.		—	Feuille 1, folioles à 40°; feuille 2, à 55°; feuille 3, à 90°; feuille 4, à 140°.
1 h. 3/4	du soir.	T. 20°.	Même position des folioles.
3 h.	»	T. 20°,2.	Feuille 1, folioles à 5°; feuille 2, à 35°; feuille 3, à 90°; feuille 4, à 140°.
4 h.	»	T. 20°,4.	Même position des folioles.
5 h. 1/4	»	—	Feuille 1, folioles à 0°; feuille 2, à 15°; feuille 3 et 4 comme précédemment.
5 h. 3/4	»	—	Feuille 1, folioles à 0°; feuille 2, à 10°; feuille 3, à 80°; feuille 4, à 90°. — Feuille 1, pétioles secondaires extrêmes à 140°; dans la feuille 2, id.; dans les feuilles 3 et 4, à 180°.
7 h.	»	—	Même disposition des folioles et des pétioles secondaires.
8 h.	»	T. 19°,9.	Mêmes remarques, si ce n'est que dans la feuille 3 les folioles sont à 35°.
9 h.	»	T. 19°,8.	Même disposition des folioles et des pétioles secondaires.

2e *Observation.* Pl. IV, tableau de droite.

(Nuit du 18 au 19 septembre. — De 7 1/2 heures du soir à 6 heures du matin.)

La plante qui servit à cette expérience avait été placée, le 17 au soir, dans une armoire complétement obscure, et y avait passé la journée du 18. Sa première feuille,

longue de 0^{m},05, n'exécutait qu'incomplétement les mouvements de veille et de sommeil.

Comparez à la 2e observation p. 65 et à la pl. III.

Pendant tout le temps consacré à cette observation, la température ambiante a varié entre 18°,5 et 19°,9 C. seulement.

7 h. 1/2 du soir.	T. 19°,8.	Feuille 1, folioles aux contact; feuilles 2, à 50°; feuille 3, à 100°; feuille 4, à 140°; feuille 5, à 150°; feuille 6, à 160°. — Pétioles secondaires extrêmes : feuille 1, à 40°; feuille 2, à 140°; feuille 3, étalés au delà de 180°; dans les trois dernières feuilles, à 170° environ.
9 h. »	—	Mêmes remarques, si ce n'est que les feuilles 2, 3 et 4 ont un peu rapproché leurs folioles.
9 h. 1/2 »	T. 19°,9.	Rien n'a changé.
10 h. 1/2 »	—	Mêmes positions des mêmes organes.
11 h. 1/2 »	T. 19°,6.	Mêmes positions des pétioles secondaires. Feuille 1, folioles au contact; feuille 2; à 5°; feuille 3, à 40°; feuille 4, à 90°; feuilles 5 et 6, à 120°.
Minuit 1/2.	T. 19°,5.	Même chose.
2 h. du matin.	T. 19°.	Feuille 1, pétioles secondaires extrêmes, à 35°. Dans les cinq dernières feuilles ils sont plus rapprochés que dans l'observation de 7 h. 1/2, de 10° environ. — Les feuilles 1, 2 et 3 ont leurs folioles au contact; feuille 4, à 15°; feuille 5, à 80°; feuilles 6, à 90°.
3 h. »	—	Mêmes positions des pétioles secondaires. Folioles des quatre premières feuilles au contact; feuille 5, à 25°; feuille 6, à 50°.
3 h. 1/2 »	T. 19°.	Les deux dernières feuilles ont encore rapproché leurs folioles. Pour tout le reste, même disposition.
4 h. 1/2 »	T. 18°,8.	Folioles au contact dans toutes les feuilles. Pétioles secondaires extrêmes : à 20° dans la feuille 1; à 55° dans la feuille 2; à 80° dans la feuille 3; à 100° dans les feuilles 4, 5 et 6.
6 h. »	T. 18°,5.	Rien de changé.
. . . . . .	. . . . . .	. . . .
2 h. du soir.	—	Pétioles secondaires extrêmes de la feuille 1, à 40°; dans les feuilles 2 et 3, à 160°; dans les trois dernières, à 180° environ. — Feuille 1, folioles au contact; feuille 2, à 5°; feuille 3, à 40°; feuille 4, à 50°; feuille 5, à 150°; feuille 6, à 170°.

La plante commençait donc à entrer dans une période de veille au moment où l'observation a été abandonnée.

3e *Observation.* Pl. V, les deux lignes supérieures, F. 2 et F. 3.

(15 septembre. — De 4 heures du matin à 9 heures du soir.)

Elle a porté sur la deuxième et la troisième feuille d'une Sensitive placée à l'obscurité, et a été exécutée le même jour que la 1re observation, p. 68.

La température a varié, comme dans cette dernière, entre 19°,5 et 20°,4 C.

4 h. 25	du matin.	Position nocturne des folioles.							
5 h.	»	Feuille 2,	folioles	à 15°.	Feuille 3,	folioles	à 170°.
5 h. 1/2	»	» 2	»	à 35°.	» 3	»	à 180°.
8 h. 3/4	»	» 2	»	à 130°.	» 3	»	à 140°.
11 h. 1/4	»	» 2	»	à 45°.	» 3	»	à 140°.
3 h. 1/4	du soir	» 2	»	à 25°.	» 3	»	à 120°.

La position des folioles ne change pas sensiblement jusqu'à neuf heures du soir. Pendant tout ce temps, les pétioles secondaires n'ont presque pas changé de position. Les deux extrêmes formaient un angle de 140° environ dans la deuxième feuille, de 170° dans la troisième.

Comparez cette observation à la 3e observation, p. 66, celle à laquelle se rapportent les deux lignes inférieures, F. 3 et F. 4 de cette même pl. V.

4e *Observation.* Pl. VI, les deux lignes supérieures F. 2 et F. 3.

(Nuit du 18 au 19 septembre. — De 7 1/2 heures du soir à 6 1/4 heures du matin.)

Cette observation a porté sur la même plante que précédemment. Elle fut exécutée en même temps que la 2e, p. 68. La plante en expérience avait été placée, le 17 au soir, dans une armoire complétement obscure, et y fut laissée jusqu'au moment de la première observation. De cette façon, on peut regarder cette quatrième expérience comme complétant la précédente, la plante se trouvant, au commencement de cette dernière expérience, sensiblement dans le même état qu'à la fin de la précédente.

Comme dans la 2e observation, la température a varié entre 18°,5 et 19°,9 C.

7 h. 1/2	du soir.	Pétioles secondaires extrêmes faisant un angle de 170° dans les deux feuilles. Feuille 2, folioles à 15°; feuille 3, à 150°.
11 h. 1/2	»	Mêmes remarques, si ce n'est que la feuille 2 a ses folioles à 10° et la feuille 3 à 100°.
2 h.	du matin.	Pétioles secondaires extrêmes à 100° dans la feuille 2; à 140° dans la troisième. Feuille 2, folioles à 10°; feuille 3, à 70°.
4 h.	»	Pétioles secondaires à 90° dans la feuille 2; à 140° dans la feuille 3. Folioles au contact dans les deux feuilles.
4 h. 3/4	»	La feuille 3 est tombée d'elle-même sans la moindre excitation.
6 h. 1/4	»	Pas de changement dans la position des pétioles secondaires et des folioles.
. . . . .	. . . . .	. . . .
2 h.	du soir.	Les folioles de la feuille 2 sont à 50°, celles de la feuille 3 à 160°.

Ainsi qu'on le voit, la plante, après avoir veillé presque toute la nuit, commençait, au moment où a cessé l'observation, à entrer dans la deuxième période de son sommeil.

Comparez cette observation à la 4e, p. 67. C'est à cette dernière qu'appartiennent les deux lignes inférieures de la pl. VI, lesquelles représentent les mouvements des feuilles pendant la nuit dans les conditions normales.

V. Influence paratonique qu'exercent différents agents sur la tension.

A. LUMIÈRE.

1[re] *Observation.* Influence paratonique de l'obscurité.

(23 septembre. — Température de la chambre 18°,5 C.)

Une Sensitive était placée au soleil. A 3 heures 55 m. du soir, je mesure les angles d'élévation de ses feuilles. Voici leur valeur :

Feuille 1, 81°; feuille 2, 77°; feuille 3, 85°; feuille 4, 75°; feuille 5, 80°; feuille 6, 80°.

Je la place aussitôt dans une armoire. A 4 heures 10 m., les folioles sont légèrement rapprochées, et les angles d'élévation sont devenus :

Feuille 1, 92°; feuille 2, 92°; feuille 3, 103°; feuille 4, 104°; feuille 5, 105°; feuille 6, 104°.

A 4 heures 25 m., folioles à 45° et 90°; angles d'élévation :

Feuille 1, 92°; feuille 2, 95°; feuille 3, 108°; famille 4, 112°; feuille 5, 115°; feuille 6, 117°.

2[e] *Observation.* Influence paratonique de la lumière solaire.

(6 septembre.)

A midi 45 m., une Sensitive est retirée d'une armoire, où elle se trouvait depuis le matin et dont la température était de 23° C. Les angles d'élévation de ses feuilles sont :

Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.	Feuille 6.	Feuille 7.	Feuille 8.
105°	123°	115°	115°	117°	113°	129°	126°

Placée au soleil, où la température est de 40° C.[1] — Après une minute, les F. 2 et 3 ont replié leurs folioles du sommet à la base ; puis, après une seconde minute, elles tombent subitement. Les folioles de toutes les autres feuilles se rapprochent également d'une trentaine de degrés. Après 8 minutes d'exposition au soleil, la F. 1 tombe subitement à son tour.

Au bout de 15 minutes d'exposition au soleil, les angles d'élévation sont devenus :

Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.	Feuille 6.	Feuille 7.	Feuille 8.
88°	100°	86°	96°	106°	60°	115°	95°

A 1 heures 10 m. les folioles sont de nouveau étalées partout.

[1] La température a été prise avec un thermomètre à boule noircie.

3e *Observation.* Influence paratonique d'une lumière diffuse faible.

(30 août.)

Pendant cette observation, la température a varié entre 17° et 17°,3 C. Le pot avait été placé la veille dans une soucoupe contenant un peu d'eau; au moment de l'expérience, il est sur une table tout contre une fenêtre fermée. Depuis le matin, le ciel est gris; vers midi, il commence à pleuvoir; la pluie continue à tomber toute l'après-dînée; à 4 3/4 heures, les folioles commencent à se rapprocher dans les feuilles supérieures; à 5 3/4 heures, la lumière est devenue excessivement faible; demi-position de sommeil dans les folioles. De midi et demi à minuit, j'ai mesuré l'angle d'élévation des feuilles. On remarque qu'il continue à décroître jusqu'à 10 heures du soir. A ce moment devait donc se trouver le minimum, placé vers 7 heures lorsque la lumière offre son intensité habituelle.

	Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.
Midi 1/2.	100°	105°	100°	102°
1 h. 1/2 du soir.	90°	95°	101°	95°
2 h. 1/2 »	90°	100°	102°	98°
3 h. 1/2 »	90°	97°	103°	94°
4 h. 3/4 »	96°	100°	105°	95°
5 h. 3/4 »	87°	110°	105°	98°
10 h. »	78°	94°	110°	92°
Minuit.	98°	125°	137°	114°

B. TEMPÉRATURE.

1re *Observation.* Influence paratonique d'une élévation de température.

(31 août.)

A 2 heures 47 m. du soir, je place sur la table contre la fenêtre une plante qui était sur la fenêtre en dehors, exposée à une température de 18° C. En dedans, le thermomètre marquait 32° C. auprès de la plante. Les angles d'élévation, au moment où commence l'observation, sont exprimés par la première série de nombres; les suivantes indiquent l'augmentation de cet angle à divers moments. Temps sombre.

		Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.
2 h. 47 du soir.	T. 18°.	105°	95°	89°	98°	85°
2 h. 56 »	T. 32°.	102°	90°	92°	98°	87°
3 h. 8 »	—	112°	95°	95°	98°	90°
3 h. 20 »	—	115°	100°	95°	96°	87°
3 h. 35 »	—	115°	100°	100°	96°	90°
3 h. 50 »	T. 29°.	122°	chute	106°	102°	100°
4 h. 45 »	T. 27°,3.	115°	115°	108°	109°	98°

Remarques. A 2 heures 57 m., les folioles de la feuille supérieure commencent à se rapprocher; au bout d'un quart d'heure, elles sont à 45°. Celles des feuilles inférieures se sont aussi un peu rapprochées. Le rapprochement continue pendant toute la durée de l'expérience; à 3 heures 40 m., la troisième feuille a ses folioles pour la plupart presque au contact. A 3 1/2 heures, la deuxième feuille tombe subitement sans cause appréciable. Bientôt les folioles de toutes les feuilles commencent à s'écarter.

Voici les angles d'élévation successifs, pendant le même temps, chez une plante qui était restée sur la fenêtre en dehors, exposée à une température de 17°,6 à 18°.

	Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.	Feuille 6.
2 h. 1/2 du soir.	115°	90°	90°	80°	62°	75°
4 h. »	112°	100°	83°	85°	57°	78°
5 h. »	113°	97°	83°	84°	65°	70°
6 h. »	112°	105°	100°	95°	70°	78°

2ᵉ *Observation* (même jour). Même influence paratonique.

Cette plante était placée depuis le matin sur la fenêtre en dehors, où la température était de 18° environ. Je détermine l'angle d'élévation de ses feuilles à midi, la place sur la table tout contre la fenêtre en dedans, et commence à chauffer la chambre. On voit que, comme dans l'observation précédente, l'angle d'élévation augmente jusqu'à 7 heures, à un moment de la journée où il aurait dû cependant diminuer. Pour savoir ce qu'aurait été la marche de la tension si la plante fût restée exposée tout ce temps à la température qu'elle avait d'abord à supporter, on n'a qu'à jeter les yeux sur le tableau précédent, où sont consignés les mouvements des feuilles chez une plante qui était restée, pendant ce temps, exposée à l'air libre, en dehors, sur la fenêtre.

		Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.
Midi.	T. 18°	90°	92°	100°	97°	105°.
1 h. du soir.	T. 30°	105°	95°	99°	95°	109°.
2 h. 1/2 »	T. 33°	115°	100°	108°	100°	114°.
4 h. »	T. 29°	105°	111°	109°	108°	108°.
5 h. »	T. 26°,7	103°	100°	108°	102°	112°.
6 h. »	T. 25°	90°	90°	107°	100°	115°.

Remarques. A 1 heure, les folioles de la feuille supérieure se sont fermées; dans la seconde feuille, les extrêmes seulement se sont rapprochées. A 2 1/2 heures, les folioles de la première feuille sont étalées au sommet des pétioles secondaires, encore appliquées vers leur base.

3e *Observation.* Influence paratonique d'un abaissement de température.

(5 septembre.)

L'observation a porté simultanément sur deux plantes, A et B. — A fut placé sur la table, à l'air libre, à côté de B. — B était sous une cloche de 70 centimètres de haut. Le soleil a donné sur les plantes jusque vers 3 heures, au travers d'un rideau de mousseline. A 1 heure du soir, je mesurai les angles d'élévation des feuilles dans les deux plantes, puis de la glace fut amoncelée sous la cloche, sur la terre du pot et tout autour de ce dernier. De l'eau à zéro fut versée sur le pot, sans effet immédiat. Deux thermomètres C. servaient à prendre la température de la terre du pot et de l'air de la cloche. La boule de l'un était placée au milieu des racines de la plante, à 4 centimètres au-dessous du niveau de la terre du pot, l'autre entre les feuilles.

T = température de la terre du pot.

T' = » de l'air sous la cloche.

Plante B.

	Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.	Feuille 6.
1 h. du soir T. = 22°,5. T.'= 25°,5	120°	120°	102°	120°	113°	100°.
Arrosage avec de l'eau à zéro et amoncellement de glace sous la cloche.						
1 h. 50 » T. = 10°. T.'= 22°	125°	105°	103°	115°	130°	95°.
2 h. 30 » T. = 8°,7. T.'= 21°,8	65°	95°	88°	94°	107°	78°.
3 h. » T. = 9°. T.'= 19°,5	55°	90°	85°	86°	82°	70°.
3 h. 45 » T. = 10°,5. T.'= 23°	50°	85°	83°	91°	95°	68°.
4 h. 30 » T. = 14°. T.'= 21°,5	53°	90°	85°	95°	100°	70°.
5 h. » T. = 15°,7. T.'= 21°	68°	96°	89°	93°	97°	75°.

Remarques. L'influence de l'arrosage par l'eau à zéro ne se révèle par aucun effet appréciable. — A 2 h. 30 m., les pétioles sont très-notablement abaissés; dans les feuilles supérieures ils sont courbés en arcs à concavité inférieure. Toutes les feuilles ont leurs folioles rapprochées à 150° environ; dans les supérieures, les folioles sont un peu crispées. — A 3 heures, même position, mais encore plus accusée. — A 4 1/2 heures, la lumière commençant à s'affaiblir, les folioles de la plante A commencent à se rapprocher. Celles de B sont toujours dans la même position. — A 5 heures, A est à moitié en position nocturne; en B à peu près la même position que précédemment, c'est-à-dire folioles crispées et pétioles arqués dans les deux feuilles supérieures; dans les autres folioles, à 45°. A ce moment, la cloche est enlevée; les folioles et les pétioles sont médiocrement sensibles. Le lendemain, la plante est languissante; au bout de trois jours, elle est devenue très-vigoureuse.

Plante A. — T, 25°5 à 1 heure, à l'abri du soleil.

	Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.
1 h. du soir	110°	92°	95°.
1 h. 50 »	101°	105°	95°.
2 h. 30 »	100°	100°	90°.
3 h. »	105°	103°	105°.
3 h. 45 »	107°	103°	94°.
4 h. 30 »	100°	100°	82°.
5 h. »	95°	95°	68°.

C. HUMIDITÉ.

1re *Observation.* Influence paratonique de l'humidité de l'air.

(31 août.)

Les deux pots A et B contenant chacun une Mimose vigoureuse avaient été placés, dès le 30 août, dans des soucoupes contenant de l'eau, de façon à ce que la terre en fût saturée. A était resté à l'air libre ; B avait été mis sous une grande cloche saturée d'humidité et contenant un thermomètre. Le 31, je posai de bonne heure les deux plantes sur la table, contre la fenêtre. A midi, le temps était sombre ; le thermomètre dans le voisinage de A marquait 18° ; les angles d'élévation des feuilles furent déterminés, et je commençai à chauffer la chambre. A 1 heure, la température était de 30°. J'avais soin de la maintenir sous la cloche au même niveau que dehors en y versant de l'eau froide ou chaude, selon l'effet que je voulais obtenir. Bien entendu que cette eau, retenue hors de la soucoupe, ne pouvait pas agir immédiatement sur la plante. On comparera l'élévation des pétioles dans les deux plantes, et on verra qu'ils ont atteint, sous l'influence de la saturation de l'air par la vapeur d'eau, une hauteur qu'ils présentent très-rarement dans les conditions d'existence habituelles. Le minimum ordinaire du soir se traduit par un abaissement extrêmement considérable et d'une heure de durée environ, très-difficile à comprendre. *Il semble qu'il y ait dans la périodicité des causes qui empêchent la tension de dépasser certaines limites à un moment donné.* Ainsi, cette hauteur à laquelle les pétioles n'avaient pu s'élever d'emblée par l'augmentation de la température et la saturation de l'air, ni après que ces influences eurent duré plusieurs heures, ils purent l'atteindre à minuit. On remarquera encore (comme dans les 1re et 2e observations précédentes) le rapprochement des folioles dans les deux plantes, sous l'influence d'une élévation de température ; chez celle qui était sous la cloche, il fut beaucoup plus notable. Enfin, on notera que cette dernière plante avait pris sa position de sommeil une demi-heure avant l'autre.

B, plante placée sous la cloche.

		Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 5.	Feuille 6.
Midi	T. 17° C.	100°	101°	100°	90°	115°	98°.

Je chauffe la chambre.

1 h. du soir	T. 30°	105°	107°	115°	97°	135°	100°.
2 h. 1/2 »	T. 32°	145°	130°	128°	122°	144°	124°.
4 h. »	T. 30°	110°	135°	145°	120°	160°	128°.
5 h. »	T. 28°	90°	95°	135°	120°	155°	130°.
6 h. »	T. 26°,5	75°	67°	102°	115°	132°	133°.
9 h. 1/2 »	T. 23°	130°	98°	160°	116°	140°	125°.
11 h. 1/2 »	T. 22°	160°	173°	132°	148°	177°	125°.
1 h. 1/2 du matin	T. 21°,6	110°	180° !	125°	122°	177°	142°.

A, plante placée à côté, à l'air libre. La température est la même.

	Feuille 1.	Feuille 2.	Feuille 3.	Feuille 4.	Feuille 6.
Midi	90°	92°	100°	97°	105°.

Je chauffe la chambre.

1 h. du soir	105°	95°	99°	95°	109°.
2 h. 1/2 »	115°	100°	108°	100°	114°.
4 h. »	105°	111°	109°	108°	108°.
5 h. »	103°	100°	108°	102°	112°.
6 h. »	90°	90°	107°	100°	115°.
9 h. 1/2 »	125°	75°	145°	117°	115°.
11 h. 1/2 »	150°	140°	140°	137°	125°.
1 h. 1/2 du matin	150°	135°	142°	125°	130°.

Remarques. A 1 heure, A a les folioles de sa feuille supérieure reployées; dans la seconde feuille, les extrêmes seulement se sont un peu rapprochées; B a les folioles de ses deux feuilles supérieures en contact; celles de la troisième feuille sont à 30°, dans les feuilles inférieures à 90° et 120°. — A 2 1/2 heures, A a toutes ses folioles normalement étalées; en B, elles commencent à s'écarter. — A 4 heures, B a les folioles de sa première feuille à 90°; dans les autres, elles sont étalées. — A 6 heures, position de sommeil commençante à peu près semblable dans les deux plantes; cette position a commencé en B une demi-heure avant de se montrer en A. Les feuilles de B sont tombées d'une manière remarquable; elles pendent comme si elles n'avaient plus la moindre tension. — A 9 1/2 heures, position de sommeil complète dans les deux plantes; B a redressé ses pétioles.

A la suite de cette observation, B continua à végéter vigoureusement.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. I. — Mouvements périodiques et paratoniques de premier et de deuxième ordre des feuilles du *Mimosa pudica*, dans deux plantes différentes. Les observations ont eu lieu d'une manière continue, de deux heures en deux heures, les 29, 30, 31 juillet et 1er août. Les plantes étaient placées dans leurs conditions d'existence habituelles. Chaque point désigne une observation. Les temps sont mesurés sur l'axe des abcisses et les angles sur celui des ordonnées.

Dans la plante nº 1, les observations ont porté simultanément sur les cinq feuilles supérieures; dans la plante nº 2, sur les six feuilles que celle-ci présentait.

Le maximum d'élévation des feuilles est placé vers 4 heures du matin, et le minimum vers 7 heures du soir. Le premier jour, ce minimum a présenté un retard notable (voy. p. 39).

Outre ces deux oscillations de premier ordre, on en reconnaît encore de plus courtes ou de deuxième ordre.

Pl. II. — Observations faites tous les quarts d'heure, le 15 septembre, de 4 heures du matin à 9 heures du soir, sur les six feuilles d'une Sensitive placée dans ses conditions d'existence habituelles. Outre les mouvements représentés dans la planche précédente, on aperçoit des oscillations de troisième ordre d'une demi-heure à une heure de durée. Les oscillations de premier et de deuxième ordre sont plus particulièrement visibles dans le petit tableau, dont celles de troisième ordres ont été exclues pour plus de clarté.

Pl. III. — Mouvements nocturnes des cinq feuilles supérieures d'une Sensitive ayant passé la journée dans ses conditions d'existence normale. Observations répétées tous les quarts d'heure pendant la nuit du 18 au 19 septembre. On notera le retard survenu dans l'heure du grand minimum et la chute spontanée de plusieurs feuilles arrivées à leur maximum d'élévation (voy. p. 39 et p. 65).

Pl. IV. — Tableau de gauche. Mouvements périodiques dans une plante laissée à l'obscurité. Observations faites toutes les quinze minutes, de 4 heures du matin à 9 heures du soir, le 15 septembre. Pendant les trois premières heures, on remarque de fréquentes interruptions dues à des accidents. Le minimum d'élévation est placé vers le milieu du jour. Les oscillations de deuxième ordre ont disparu; celles de troisième ordre persistent.

Tableau de droite. Mouvements périodiques dans une plante qui avait passé la journée précédente à l'obscurité, de sorte que ce tableau fait suite au précédent; nuit du 18 au 19 septembre. Le maximum d'élévation est placé vers 11 heures, et le mouvement d'abaissement se déclare plus tôt que d'habitude, de façon que la période tout entière se trouve abrégée d'à peu près trois heures.

Pl. V. — 15 septembre, de 4 heures du matin à 9 heures du soir. Dans cette planche et la suivante, les changements de position des feuilles ont été déterminés par la méthode exposée à la p. 26.

Les deux lignes inférieures appartiennent à la troisième et quatrième feuille d'une plante placée dans ses conditions normales d'existence. Les observations qui servent à les déterminer ont été faites toutes les cinq minutes.

Les deux lignes supérieures appartiennent à la deuxième et troisième feuille d'une autre plante placée pendant le même temps à l'obscurité. Dans ce dernier cas, les observations ont eu lieu toutes les dix minutes.

On remarquera l'amplitude des oscillations des deux lignes supérieures. Le peu d'étendue des mouvements des deux autres feuilles n'est pas moins extraordinaire, et constitue un fait anormal [1].

Pl. VI. — Nuit du 18 au 19 septembre. Cette planche fait suite à la précédente. Les deux lignes supérieures appartiennent à la deuxième et à la troisième feuille d'une plante qui avait passé la journée du 18 à l'obscurité. L'une d'entre elles présente une chute spontanée très-remarquable.

Les deux lignes inférieures représentent les mouvements de la troisième et de la quatrième feuille chez une Sensitive placée la journée précédente dans ses conditions d'existence normales. On remarquera le retard du minimum du soir en se rappelant que les pl. I et III nous ont déjà offert le même phénomène.

[1] Je ne peux expliquer cette anomalie qu'en supposant que la plante qui a servi à cette observation avait été soumise pendant quelque temps à l'influence d'une obscurité plus prolongée que de coutume; j'avais, en effet, à cette époque, plusieurs Sensitives que je gardais à l'obscurité jusqu'à midi, et peut-être l'une de celles ci aura été substituée par erreur à la plante que je destinais à l'observation consignée dans cette planche.



NOTE AJOUTÉE APRÈS L'IMPRESSION.

A la p. 247 (B), j'ai essayé de prouver que lorsque les deux ressorts qui composent le pulvinule augmentent en puissance, cette augmentation n'est pas une quantité égale dans chacun d'eux.

Malheureusement la démonstration que j'ai donnée de cette proposition est vicieuse. A première vue, en effet, il semble, ainsi que je l'ai pensé, qu'une augmentation égale de la force des deux ressorts change le rapport de ces forces et entraîne par conséquent un mouvement dans le pétiole; mais il n'en est rien; il n'y a pas de changement de rapport, le poids de la feuille étant une quantité invariable.

Néanmoins, la proposition subsiste, et voici la nouvelle démonstration que je propose.

Une position quelconque de la feuille étant donnée, je pose :

La force du ressort supérieur $t = 4$,

» » inférieur $t' = 4 + 2$,

La tension du pulvinule $T = \frac{t + t'}{2}$.

Je fais augmenter la force de chaque ressort de 2, j'ai :

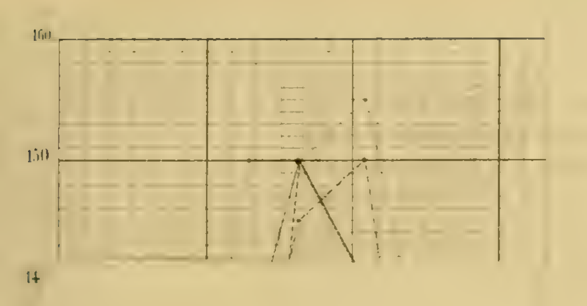
$$t_1 = 4 + 2$$
$$t_1' = 4 + 2 + 2$$
$$T' = \frac{t_1 + t'_1}{2} \text{ et l'on a } T' > T.$$

Mais comme l'excès de force qu'a acquis l'un des deux ressorts est justement égal à celui qu'acquiert l'autre, ces deux nouvelles forces surajoutées se font exactement équilibre et la position du pétiole ne doit pas varier.

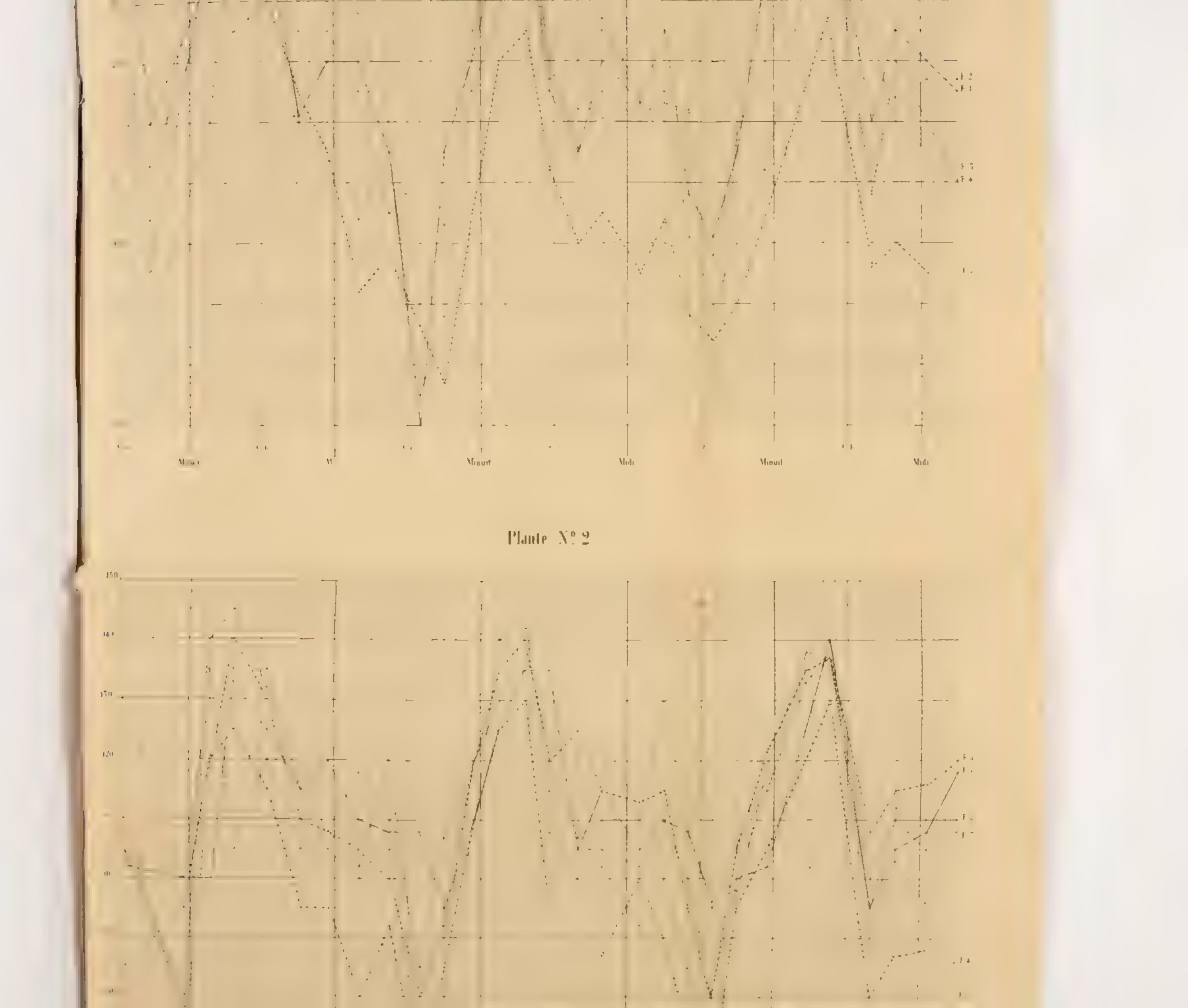
On peut démontrer la réciproque pour le cas d'une diminution égale dans la force des deux ressorts. D'après cela, il faudrait admettre que les variations de tension du pulvinule n'ont aucune influence sur les mouvements du pétiole, ce qui contredit les faits observés, et notamment la persistance des mouvements de la feuille dans le cas où l'une ou l'autre des moitiés du pulvinule a été enlevée.

Il faut donc admettre, ainsi que je l'ai dit, que l'augmentation ou la diminution simultanée dans la force de chaque ressort ne se fait point d'une manière égale pour chacun d'eux.

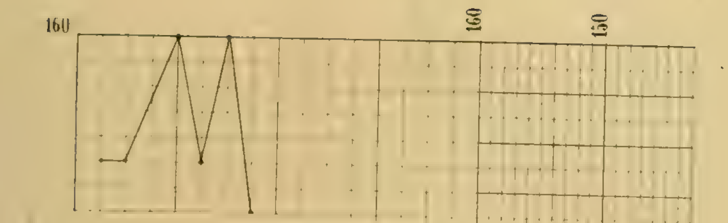
On peut démontrer cette dernière proposition, ainsi que celle que j'ai exprimée en A, à la p. 246, à savoir, que l'augmentation ou la diminution simultanée dans la force de chaque ressort n'est pas proportionnelle à la puissance respective de ceux-ci, par cette seule observation, que les mouvements du pulvinule continuent après que l'on a supprimé le poids de la feuille en coupant le pétiole immédiatement après sa sortie du renflement moteur. Je crois inutile d'insister sur ce nouvel argument; je l'ai déjà indiqué à la p. 246 (A), et un instant de réflexion suffira au lecteur qui m'a suivi jusqu'ici pour le saisir.



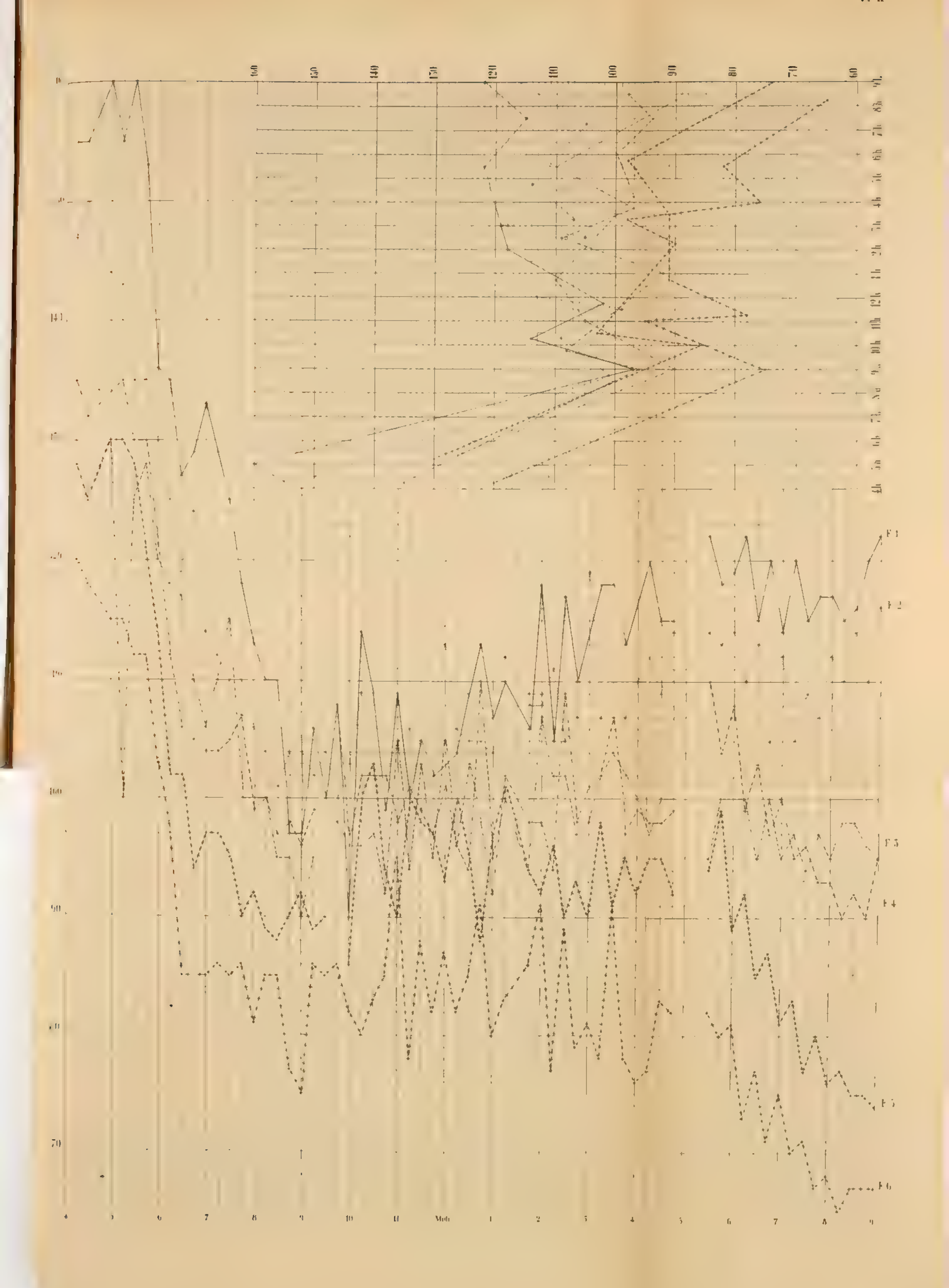
4 5 6 7



Minuit
Midi
Minuit
Midi
Minuit
Midi
Plante N° 2

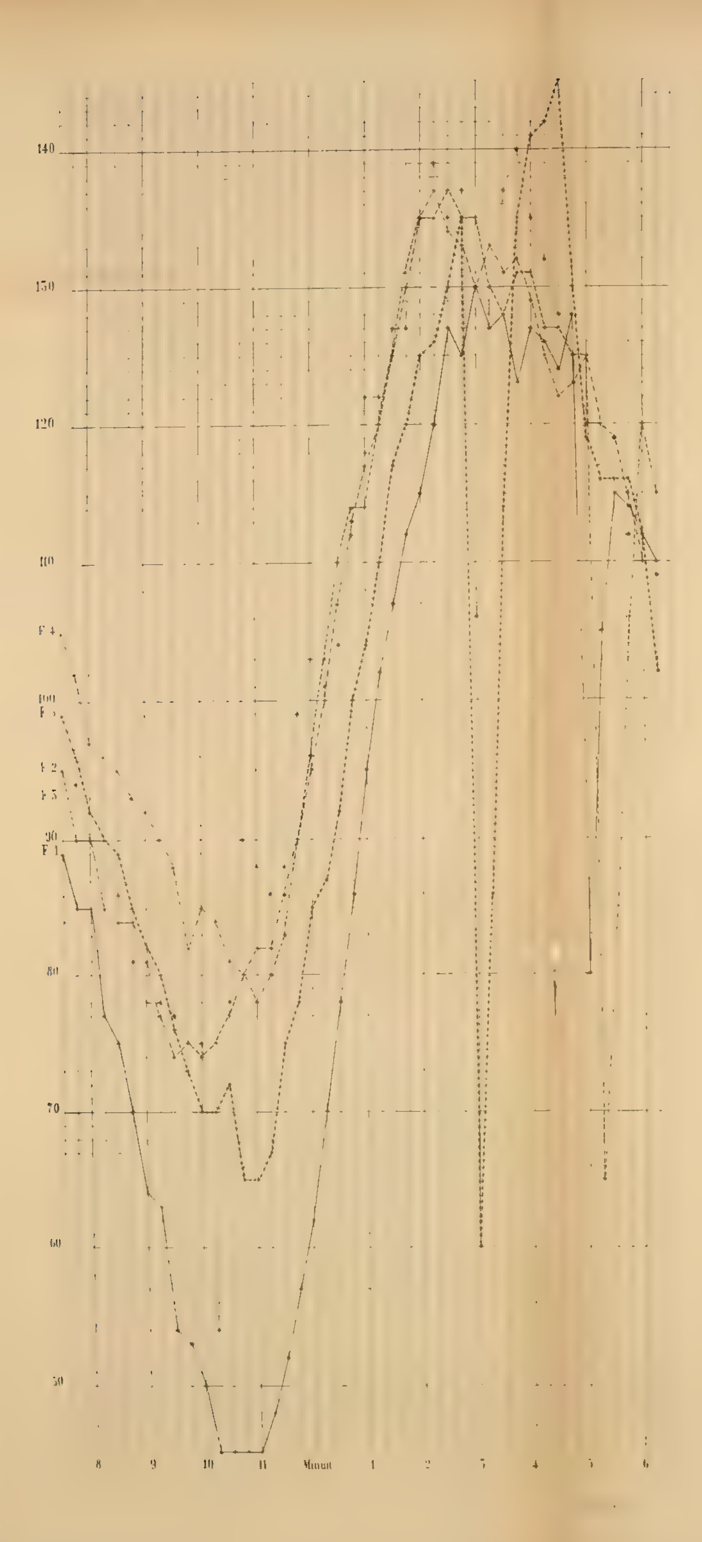


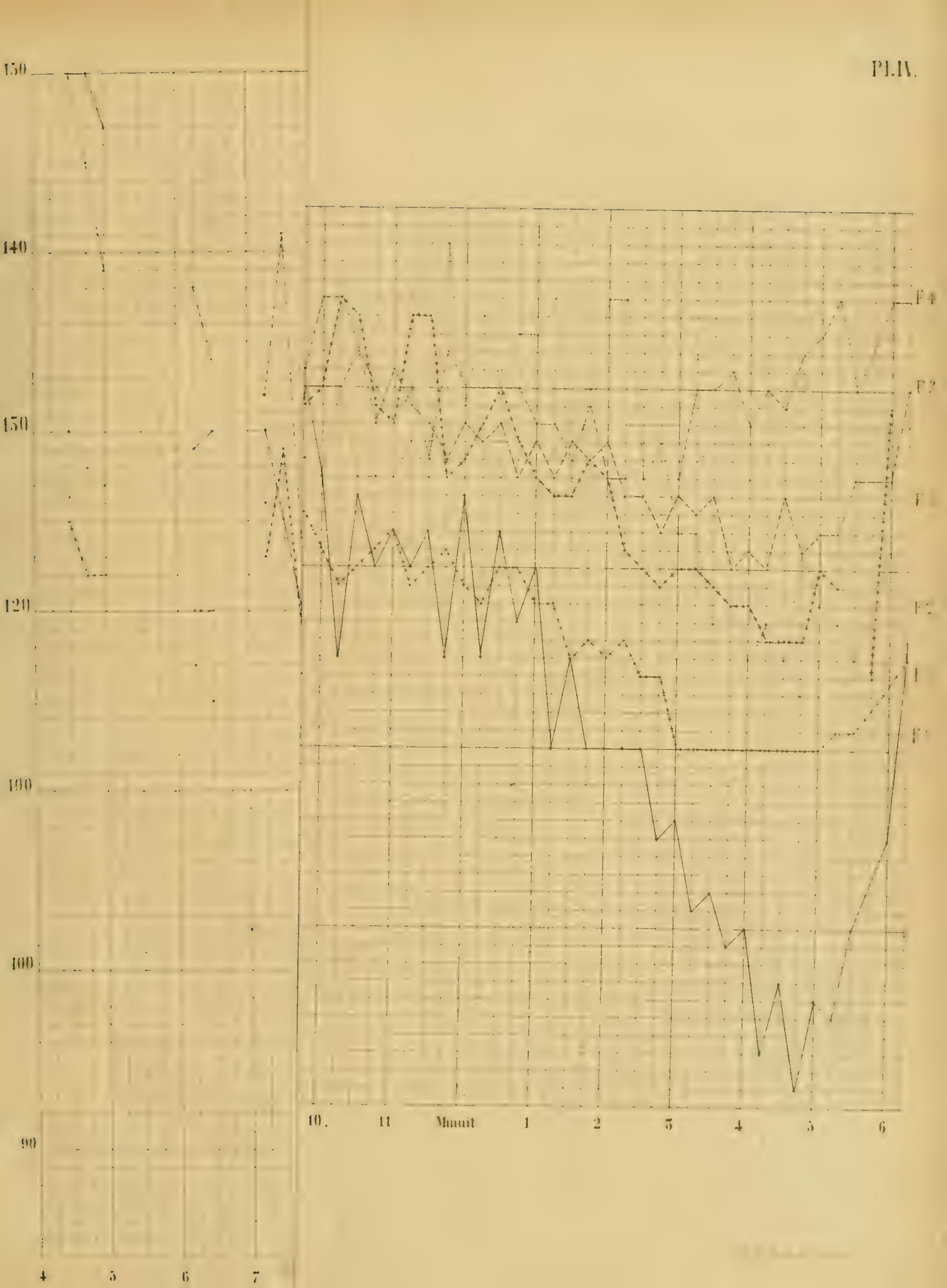
4 5 6 7


F 1
F 2
F 3
F 4
F 5
F 6
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
90
70
5
6
7
8
9
10
11
Midi
1
2
3
4
5
6
7
8
9

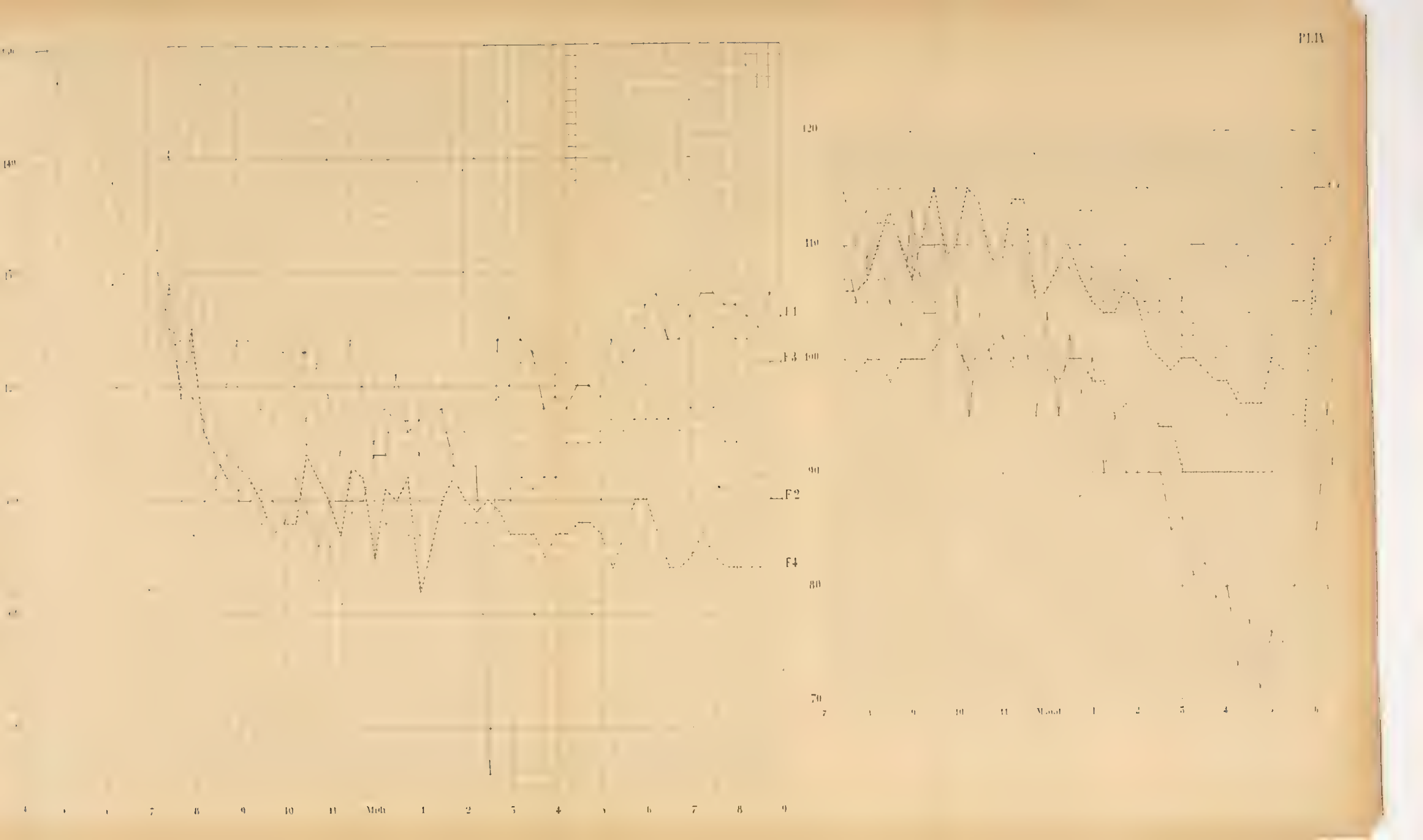
140

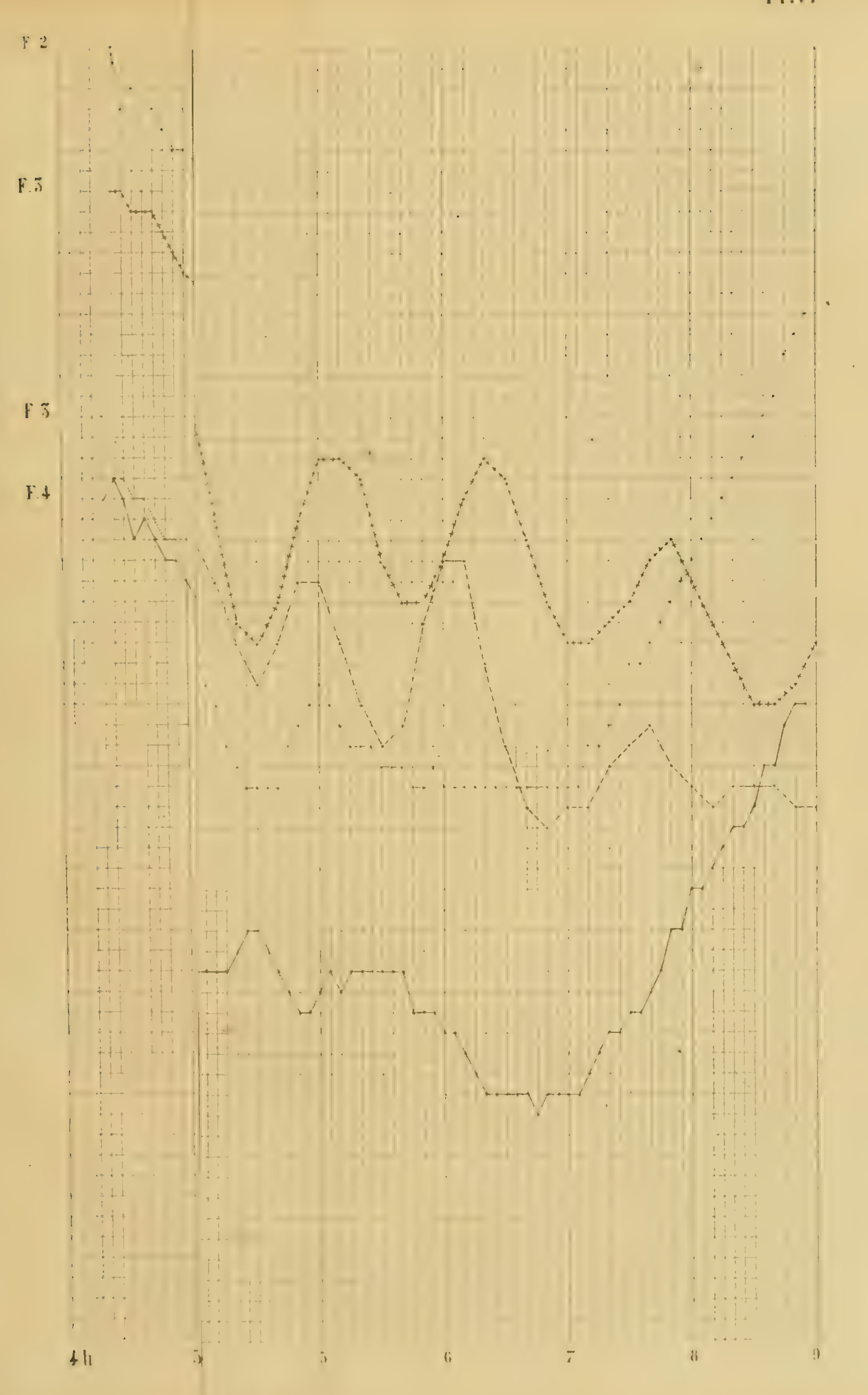
4 5 6 7


140
130
120
110
F 4
100
F 3
F 2
F 5
90
F 1
80
70
60
50
8
9
10
11
Minuit
1
2
3
4
5
6

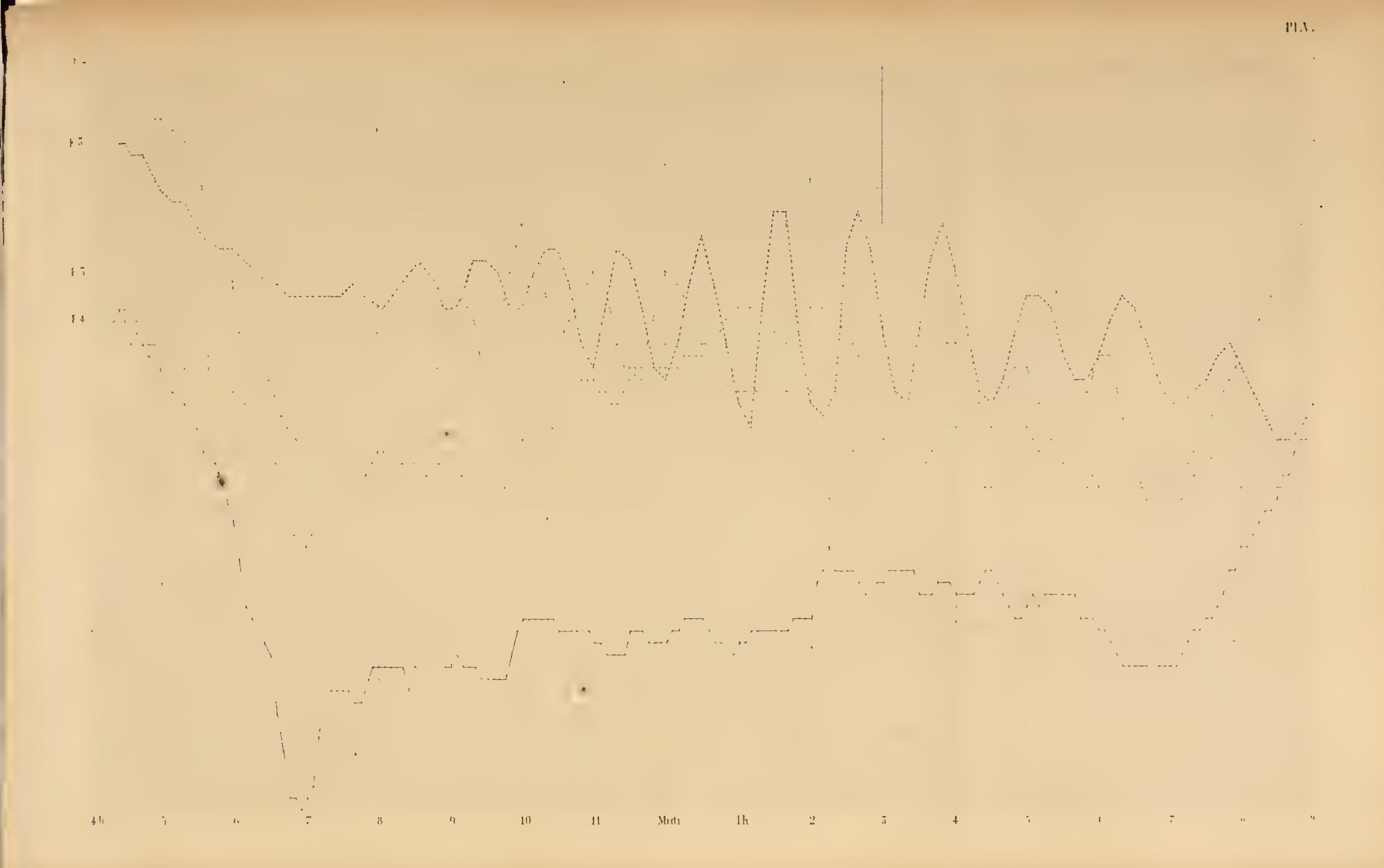


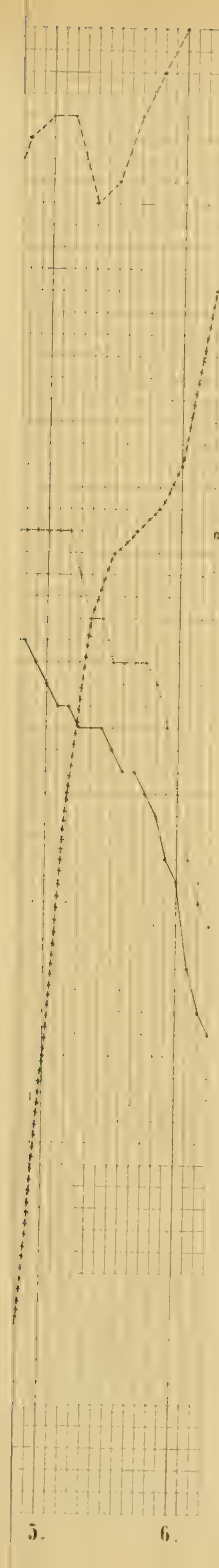
150
140
130
120
110
100
90
4
5
6
7
10.
11
Minuit
1
2
3
4
5
6
F4
F3
F1
F2
F5


F1
F3
F2
F4
120
110
100
90
80
70
7
8
9
10
11
Midi
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Minuit


F 2
F.3
F 3
F.4
4 h
5
5
6
7
8
9

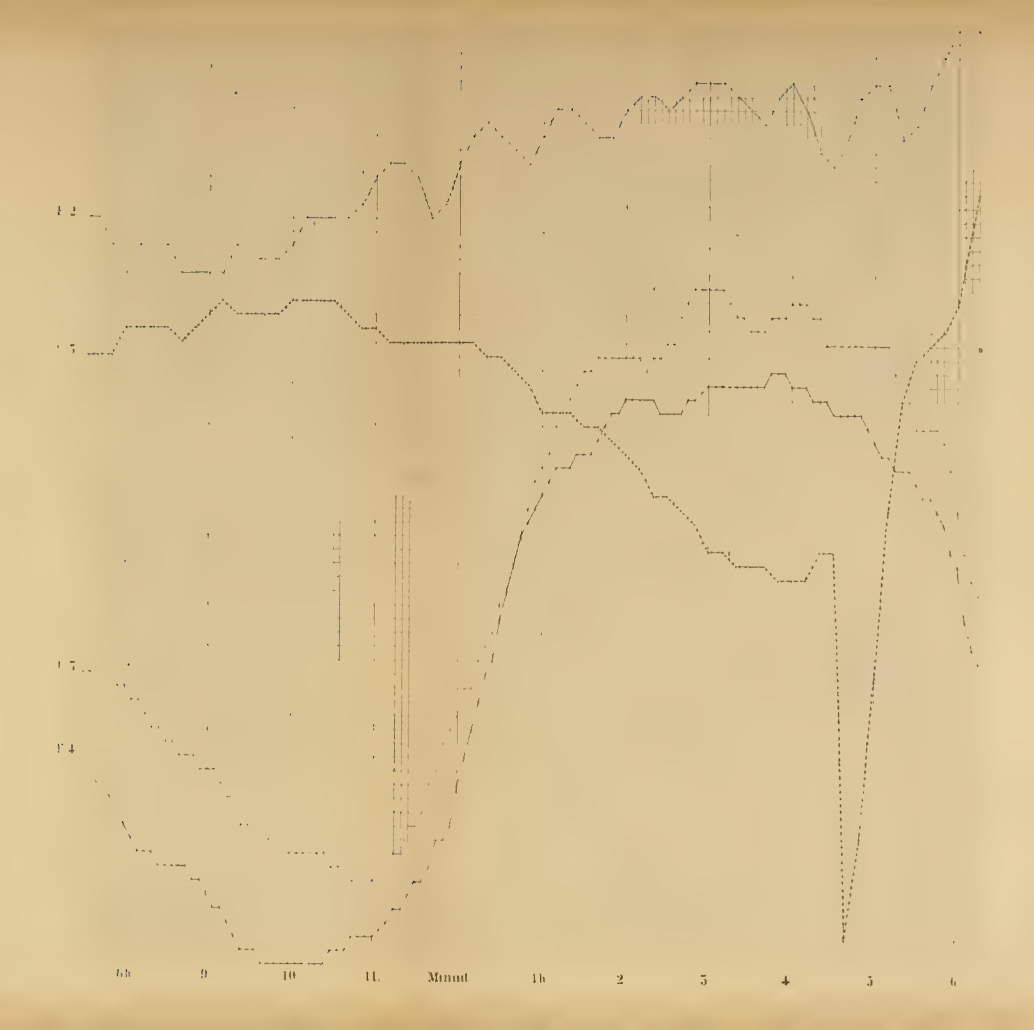
Pl.V.





5.
6.

PI.VI.



LE

COUP DE FOUDRE DE L'ILE DU RHIN

près de Strasbourg (13 juillet 1869).

PAR

M. F. HUGUENY.

La remarquable étude d'Arago sur le *tonnerre* contient, presque au début, les lignes suivantes : « Malgré tant d'observations oubliées ou inaperçues qu'il m'a été donné « de remettre en lumière et de grouper dans un ordre systématique, c'est surtout par « les lacunes qui se sont offertes à moi, et dont je n'ai pas cru devoir faire mystère « que cette notice pourra être utile. Puisse-t-elle engager les voyageurs et les mé- « téorologistes à considérer encore le redoutable météore de la foudre comme un « riche sujet d'études. Si ce vœu était entendu, je serais amplement dédommagé de « la peine que je me suis donnée [1]. »

Lorsqu'on parcourt, en effet, les récits de coups de foudre, on ne peut manquer d'être frappé du laconisme et du peu de précision de la plupart des observations, surtout en ce qui concerne la forme et le trajet du météore ; mais on s'explique, sans peine, pourquoi elles sont incomplètes, vagues, erronées même. Un phénomène, dont la durée est presque toujours très-faible, qui n'a pour témoins que des personnes le plus souvent étrangères aux choses de la science, qui épouvante les spectateurs les plus voisins, et ne leur permet pas toujours d'apprécier exactement les faits, est, par la réunion de ces circonstances défavorables, particulièrement difficile à étudier; si l'on remarque, en outre, que les observateurs restent isolés, que leurs récits ne sont ni rassemblés, ni coordonnés, ni discutés, on comprendra, comment, malgré les progrès de la science, nous ne savons presque rien de certain sur l'un des plus grands et des plus redoutables phénomènes de la nature.

(1) *Œuvres de F. Arago*. Paris, Gide et Baudry (*Notices scientifiques*, t. I, p. 4).

Le coup de foudre de l'île du Rhin m'a paru assez intéressant, par les particularités qu'il présente et par les faits qui l'ont accompagné, pour mériter un examen approfondi, qui ne sera peut-être pas inutile à la science de l'atmosphère. J'ai lieu d'espérer que les personnes qui ne sont point étrangères à l'étude de la nature, ne me reprocheront ni le nombre ni l'étendue des détails dans lesquels je suis entré.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Un caporal et deux soldats du 96e régiment d'infanterie de ligne, faisant partie, le mardi, 13 juillet 1869, du poste français du pont de Kehl, étaient assis sur un banc placé sous un marronnier, entre le bâtiment de la Douane et le Rhin, quand un orage sans pluie, venu du sud-ouest vers six heures et demie du soir, s'annonça par quelques éclairs et par des roulements de tonnerre assez faibles. A 7 heures 7 minutes du soir, un bruit formidable se fit entendre, et ces trois militaires tombaient foudroyés.

Par une pente habituelle de l'esprit, on chercha à expliquer le fait avant de l'avoir étudié. On supposa que la foudre était tombée directement des nuages sur le marronnier, ou, selon une seconde version, qu'elle avait frappé l'un des paratonnerres de la Douane, et s'était portée du conducteur jusqu'au marronnier.

La première de ces explications me paraissait, eu égard à l'état des lieux, en contradiction directe avec tous les faits d'électricité connus ; la seconde supposait, ce qui était peu probable, que le conducteur n'était pas en communication avec le sol. Je pris le parti de chercher la solution du problème dans les déclarations des témoins de l'accident. En entreprenant cette enquête, je ne me suis pas dissimulé les difficultés de ma tâche ; mais je dois ajouter que le concours désintéressé de toutes les personnes auxquelles je me suis adressé, l'a rendue moins pénible.

J'ai suivi, en la faisant, quelques règles que voici :

1° Voir les témoins, autant qu'on le pourra, de suite après l'événement.

2° Ne leur demander, d'abord, que ce qu'ils ont vu et entendu.

3° Quand on jugera à propos de les questionner, éviter, en général, l'emploi des termes scientifiques.

4° Rappeler textuellement leurs paroles.

5° Donner, pour plus d'authenticité et comme moyen de contrôle, leurs noms en y ajoutant la date du jour où on les a entendus.

6° Ne pas insister longuement sur les faits connus et bien établis, mais accumuler les preuves, quand il s'agit de faits nouveaux ou contestés.

7°. Faire abstraction de tout système, de toute idée préconçue sur la cause des phénomènes, pour ne pas altérer involontairement les faits.

Je considère comme une obligation, pour moi, de citer, au début de ce travail, les personnes qui m'en ont fourni les principaux matériaux.

M. Faller, conducteur principal des ponts et chaussées, attaché au service des travaux du Rhin, a dressé le plan et le profil des lieux de l'accident, et m'a communiqué la carte de l'île du Rhin.

M. de Juilly, architecte du château impérial de Saverne, a consenti à réduire le plan des abords du pont de Kehl, et à extraire de la carte de l'île du Rhin la partie nécessaire à l'intelligence des faits.

M. Hepp, pharmacien en chef des hospices civils, qui s'occupe avec tant de zèle et de dévouement de la détermination des éléments météorologiques de Strasbourg, m'a communiqué un tableau de ces éléments relatifs aux journées des 12, 13 et 14 juillet, ainsi qu'une série d'observations sur l'orage de la soirée du 13 juillet.

M. Bach, doyen de la Faculté des sciences et président de la Commission des orages, et M. Voulot, sécrétaire de la même Commission, m'ont transmis la carte départementale indiquant la direction suivie par l'orage du 13 juillet.

M. Tourdes, professeur à la Faculté de médecine, m'a adressé, sur les militaires foudroyés, des détails qui font partie de sa *Relation médicale de l'accident occasionné par la foudre le 13 juillet 1869*, publiée dans la *Gazette médicale de Strasbourg* (numéro du 25 août). J'aurais fait quelques emprunts à ce remarquable travail, si M. le docteur Lereboullet, attaché à l'École du service de santé militaire, n'avait eu l'obligeance de me donner un résumé des autopsies et de l'état du caporal Vernière, qu'avec son assentiment, j'ai inséré dans cette notice.

M. Marcotte, directeur des Douanes, m'a autorisé, dans l'intérêt de la science et pour s'assurer que la protection des paratonnerres établis sur le bâtiment de la Douane est efficace, à vérifier l'état de ces paratonnerres, de leur conducteur et de ses communications avec le sol.

M. Schœffer, sous-lieutenant au 96e de ligne, qui commandait le poste du pont de Kehl, au moment de l'accident; MM. Eisser et Royer fils, employés au chemin de fer; M. Papier, vérificateur de la navigation du Rhin, et M. Strub, commis au péage du pont, m'ont donné des renseignements nombreux et importants.

M. Guinez, sous-lieutenant au 96e de ligne, s'est mis à ma disposition, avec beaucoup d'obligeance, pour les renseignements que je voulais prendre auprès du caporal Vernière et des soldats qui faisaient partie du poste du pont de Rhin au moment de l'accident, ainsi que pour les essais que j'ai dû faire dans l'atelier du maître armurier du régiment.

M. Royer père, receveur des Douanes, m'a fait connaître le coup de foudre qui, le 13 juillet, vers sept heures du soir, avait frappé un peuplier près de la Maison-Blanche (île du Rhin), et M. Perché, brigadier des Douanes, m'a donné, à ce sujet, des détails d'un grand intérêt.

M. Glokner, aide-chirurgien militaire, attaché à la 1re compagnie du 5e régiment d'infanterie badoise, m'a transmis, par écrit, ses observations sur l'état des militaires foudroyés, auprès desquels, il a été appelé immédiatement.

MM. Mœwes et Schmitten, négociants, qui étaient à quelques centaines de mètres du lieu de l'accident, m'ont communiqué leurs impressions, que j'ai notées.

M. L. G. Hatt, ancien brasseur du *Géant*, et M. Enders, serrurier à Kehl, ont vu un éclair foudroyant partir des nuages, et j'ai tenu compte de leurs déclarations.

Qu'il me soit permis de remercier, au nom de la science, les personnes que j'ai citées, à un titre quelconque, dans ce travail.

En terminant ces préliminaires, je ferai remarquer que j'ai séparé, avec soin, les déclarations des témoins de l'interprétation des faits et que, quelle que soit la valeur du lien que je cherche à établir entre eux, les faits n'en restent pas moins définitivement acquis à la science.

Voici l'ordre que je suivrai :

1° Tableaux relatifs à l'état de l'atmosphère, le 12, le 13 et le 14 juillet, et à l'orage de la soirée du 13 juillet.

2° Direction de l'orage ; carte du département.

3° Disposition des lieux, plans divers, examen des paratonnerres du bâtiment de la Douane.

4° Déclarations des témoins.

5° Résumé des autopsies, état du caporal Vernière, effets mécaniques, calorifiques et magnétiques.

6° Discussion des témoignages. Théorie de la formation de la foudre globulaire.

7° Conclusions.

8° Précautions à prendre pendant un orage.

§ 1.

Tableaux relatifs à l'état de l'atmosphère, le 12, le 13 et le 14 juillet, et à l'orage de la soirée du 13 juillet.

Le premier tableau permettra de voir, si, parmi les éléments qu'il fournit, il en est un ou plusieurs qui soient en rapport, par des variations brusques ou lentes, mais appréciables, avec l'orage du 13 juillet.

HOSPICE CIVIL
de
STRASBOURG.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES (M. Hepp).

Longitude de Paris 5° 24' 54".
Latitude 48° 34' 57".
Hauteur au-dessus du niveau de la mer 144 mètres.

Moyenne barométrique du mois : 751^{mm},33. *Mois de juillet.* *Moyenne thermométrique du mois :* 21°,3.

12 JUILLET.	BAROMÈTRE réduit à 0°.	THERMOMÈTRE à 100.	HYGROMÈTRE à 100.	PSYCHROMÈTRE. Tension de la vapeur	PSYCHROMÈTRE. Humidité relative.	OZONOMÈTRE à 10°.	VENT.	ÉTAT DU CIEL.
Matin à 7 heures	755,37	+ 15°,6	85°,0	9,32	70°,0	Matin	Matin	
Matin à 9 heures	754,98	+ 19°,0	83°,0	11,11	67°,0	à 7 heures :	à 7 heures :	1/4 nuageux.
Midi	753,04	+ 25°,8	69°,0	11,87	47°,0	6°.	N.	
Soir à 3 heures	752,30	+ 28°,4	66°,0	12,23	43°,0	Soir	Matin	
Soir à 6 heures	751,21	+ 26°,8	64°,0	10,94	41°,0	à 7 heures :	à 9 heures :	1/4 nuageux.
Soir à 9 heures	751,92	+ 22°,4	81°,0	12,66	63°,0	4°.	N.	
Moyennes du jour	753,52	+ 22°,2	86°,8	11,43	58°,0	5°.	Midi : N. N. E.	1/4 nuageux.
Maximum de température		+ 29°,1	»	Direction des nuages : N. à S.			Soir à 3 heures : E. N. E.	1/4 nuageux.
Maximum de température au soleil.		»	»					
Minimum de température		+ 15°,0	»					
Maximum de température sur sol .		+ 45°,8	»				Soir à 6 heures : N. N. E.	1/4 nuageux.
Minimum de température sur sol .		+ 13°,4	»					
Température à 0^m,50 sous le sol.	à l'ombre	+ 16°,9	»					
	au soleil	+ 20°,9	»	Altitude de la nappe souterraine : 136^m,04.			Soir à 9 heures : S. O.	1/4 nuageux.
Températ. à 5 mètres sous le sol.		+ 11°,0	»					
Températ. à 10 mètres sous le sol .		+ 11°,0	»					
Température de l'Ill		+ 19°,2	»					
13 JUILLET.								
Eau tombée en millimètres : 0^{mm},0.								
Matin à 7 heures	751,02	+ 18°,2	89°,0	12,19	78°,0	Matin	Matin	
Matin à 9 heures	750,81	+ 19°,8	81°,0	10,92	63°,0	à 7 heures :	à 7 heures :	1/4 nuageux.
Midi	749,32	+ 27°,2	76°,0	15,05	56°,0	3°.	E.	
Soir à 3 heures	748,28	+ 29°,7	71°,0	15,13	49°,0	Soir	Matin	
Soir à 6 heures	747,12	+ 27°,9	74°,0	14,80	53°,0	à 7 heures :	à 9 heures :	1/4 nuageux.
Soir à 9 heures	749,01	+ 20°,4	89°,0	13,91	78°,0	6°.	N. O.	
Moyennes du jour	749,68	+ 23°,0	81°,2	13,44	64°,8	4°,5.	Midi E. N. E.	1/4 nuageux.
Maximum de température		+ 30°,0	»	Orage de 5 h. 15 m. du soir à 7 h. 17 m.			Soir à 3 heures : N. E.	1/4 nuageux.
Maximum de température au soleil.		»	»					
Minimum de température		+ 16°,6	»	Vent variable entre O. N. O. et O. S. O.				
Maximum de température sur sol .		+ 46°,2	»				Soir à 6 heures : O. N. O.	Couvert.
Minimum de température sur sol .		+ 14°,2	»	S. O. à la fin de l'orage.				
Température à 0^m,50 sous le sol.	à l'ombre	+ 17°,1	»					
	au soleil	+ 21°,5	»	Direction des nuages : O. à E.			Soir à 9 heures : S. O.	Couvert.
Températ. à 5 mètres sous le sol.		+ 11°,0	»					
Températ. à 10 mètres sous le sol .		+ 11°,0	»	Eau tombée pendant l'orage : 1^{mm},1.				
Température de l'Ill		+ 19°,8	»					
14 JUILLET.								
Eau tombée en millimètres, de 7 h. du matin du 13, à 7 h. du matin du 14 : 1^{mm},1.								
Matin à 7 heures	752,58	+ 17°,4	90°,0	11,80	80°,0	Matin	Matin	
Matin à 9 heures	753,55	+ 17°,2	87°,0	10,81	73°,0	à 7 heures :	à 7 heures :	Couvert.
Midi	754,01	+ 18°,4	83°,0	10,63	67°,0	6°.	N.	
Soir à 3 heures	753,87	+ 18°,0	84°,0	10,60	68°,0	Soir	Matin	
Soir à » heures	754,32	+ 18°,8	83°,0	10,67	66°,0	à 7 heures :	à 9 heures :	Couvert.
Soir à 9 heures	755,05	+ 17°,4	88°,0	11,24	76°,0	6°.	N.	
Moyennes du jour	753,81	+ 17°,6	86°,4	11,01	72°,8	6°.	Midi : N. E.	Couvert.
Maximum de température		+ 18°,9	»	Le 14, à 4 h. du matin : orage.			Soir à 3 heures : S. E.	3/4 nuageux.
Maximum de température au soleil.		»	»					
Minimum de température		+ 17°,2	»					
Maximum de température sur sol .		+ 31°,6	»	Vent O., nuages O. à E.			Soir à 6 heures : S. E.	1/4 nuageux.
Minimum de température sur sol .		+ 15°,4	»					
Température à 0^m,50 sous le sol.	à l'ombre	+ 17°,3	»	Eau tombée : 0^{mm},0.				
	au soleil	+ 21°,9	»				Soir à 9 heures : S. E.	1/4 nuageux.
Températ. à 5 mètres sous le sol.		+ 11°,0	»	Direction des nuages : O. à E.				
Températ. à 10 mètres sous le sol.		+ 11°,0	»					
Température de l'Ill		+ 19°,2	»					
Eau tombée en millimètres : 0^{mm},0.								

L'examen de ce tableau conduit à remarquer : 1° la dépression barométrique qui se produit, vers six heures du soir, dans la journée du 13; 2° la diminution de la température, de six heures à neuf heures du soir, relativement plus grande, dans la journée du 13 que dans celles du 12 et du 14; 3° l'accroissement du degré de l'ozonomètre, le 13.

Tableau des principaux éléments de l'orage du 13 juillet 1869 (M. Hepp).

TEMPS (soir).		INTERVALLE entre L'ÉCLAIR ET LE TONNERRE (en secondes (1).
5h 15m	Commencement de l'orage, ciel couvert vers S. O.; nuages séparés vers N. O.	
6h 15m	Vent O.; direction des nuages : O. à E.; tonnerre presque continu.	
6h 25m	Pluie. — Éclair et tonnerre	16 secondes.
6h 26m	Tonnerre.	
6h 28m	Éclair et tonnerre	36 »
6h 29m	Éclair et fort tonnerre	4 »
6h 30m	Éclair et tonnerre	16 »
6h 32m	Tonnerre et bourrasque.	
6h 33m	Éclair et tonnerre	7 »
6h 34m	id. id.	14 »
6h 35m	id. id.	27 »
6h 36m	id. id.	7 »
6h 38m	Éclair et fort tonnerre	20 »
6h 42m	Éclair et tonnerre	40 »
6h 43m	id. id.	20 »
6h 44m	id. id.	12 »
» »	id. id.	30 »
6h 45m	Éclair et fort tonnerre	14 »
» »	La température est de 23°,4. — La pluie cesse.	
6h 46m	Éclair et tonnerre	30 »
6h 47m	Vent N.; tonnerre.	
6h 50m	Éclair et tonnerre	17 »
» »	Le ciel est uniformément couvert; vent N. O.	
6h 51m	Éclair et tonnerre	11 »
6h 55m	id. id.	14 »
» »	Les nuages se séparent vers S. O.	
6h 56m	Éclair.	
6h 57m	Vent S.	
6h 59m	Vent O. S. O. — Éclair et tonnerre.	14 »
7h 1m	Le vent devient plus fort. — Éclair et tonnerre	15 »
7h 3m	Le ciel s'éclaircit; bourrasque.	
7h 7m	Éclair et tonnerre	12 »
7h 12m	Fort éclair.	
7h 17m	Éclairs et tonnerre; l'orage s'éloigne en se dirigeant vers la Forêt-Noire.	
7h 25m	Un peu de pluie.	

(1) Les nombres de cette colonne ont été donnés par les battements du pouls de l'observateur.

J'aurai l'occasion de revenir sur ce tableau quand je discuterai l'heure de l'accident.

§ 2.

Direction de l'orage. — Sa marche dans le département du Bas-Rhin.

Pour ne rien omettre de ce qui se rapporte, ne fût-ce qu'accessoirement, à la question que j'étudie, j'ai voulu joindre aux deux tableaux du paragraphe précédent, la carte indiquant la direction suivie par l'orage du 13 juillet dans le département du Bas-Rhin.

On sait que l'Observatoire impérial de Paris fait dresser, dans tous les chefs-lieux de France, des cartes relatives aux orages qui ont éclaté dans les départements. Ces cartes et les renseignements à l'appui sont transmis à l'Observatoire, comparés, discutés, et servent à dresser les cartes des orages qui ont sévi sur la France, chaque année.

Ce travail, une des créations de l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris, M. Le Verrier, fait connaître, avec précision, la direction et l'étendue des orages en France, et contribuerait, sans nul doute, à faire découvrir, si l'on y joignait des cartes analogues pour tous les pays du globe, les lois qui président aux grands mouvements de l'atmosphère.

Les éléments des cartes départementales sont fournis par les personnes qui, sur divers points de chaque département, s'occupent de météorologie, et, par les instituteurs, au zèle et au dévouement desquels on ne s'adresse jamais en vain.

La planche IV de ce travail représente, pour le département du Bas-Rhin, la direction de l'orage du 13 juillet dernier; elle a été dressée par M. Voulot, d'après les bulletins qui lui ont été adressés, et porte une légende explicative qui me dispense de tout commentaire.

Je regrette de n'avoir pas eu sous la main, pour le même orage, la carte du département du Haut-Rhin, et surtout celle du grand-duché de Bade. J'ai noté toutefois le renseignement suivant que m'a fourni M. Papier:

Le mardi, 13 juillet, vers 7 heures et demie du soir, un orage passait sur Renchen et éclatait, avec pluie et grêle, à Ulm, petit village situé au pied de la Forêt-Noire.

Pour qu'on puisse se représenter la direction de l'orage qui résulte de cette indication, j'ai fait ajouter Kehl, Renchen et Ulm à la pl. IV.

L'atmosphère devait, du reste, être orageuse sur une très-grande étendue, le 13 juillet; car je tiens de M. Schlagdenhauffen, architecte, qu'un orage éclatait, le même jour, à midi, sur le lac de Lucerne, avec beaucoup de pluie et de grêle, et de

M. Papier, d'après un conducteur de chemin de fer, faisant le service entre Munich et Kehl, qu'un orage violent avait éclaté à Munich, à minuit, dans la nuit du 13 au 14 juillet.

Je ne prétends, du reste, établir aucun lien entre l'orage de l'île du Rhin et les deux orages dont il vient d'être question.

§ 3.

Disposition du lieu de l'accident; plans divers; examen des paratonnerres du bâtiment de la Douane.

Il est indispensable, pour se rendre compte du coup de foudre complexe du 13 juillet, de se bien représenter, non pas seulement les rapports de position et de hauteur des bâtiments, des arbres et du pont du chemin de fer qui avoisinent les lieux de l'accident, mais encore une partie de l'île du Rhin, assez étendue, et qui comprend, d'une part, la route du Petit-Rhin au Grand-Rhin, sur laquelle se trouve la maison habitée par M. Eisser, et, d'autre part, la Maison Blanche qu'occupe un poste de douaniers.

Les pl. I, II et III donnent à ce sujet tous les éclaircissements qu'on peut désirer; je n'ai fait qu'ajouter, à la pl. I, une figure qui représente la section horizontale du marronnier foudroyé et du banc sur lequel étaient assis les militaires qui ont été atteints. D'après le témoignage unanime des soldats du poste, sur lequel je reviendrai plus loin, Pagès occupait la place n° 1, Tournier la place n° 2, et le caporal Vernière la place n° 3.

Les mêmes lettres représentent les mêmes objets sur les trois planches; quoique la plupart d'entre eux soient désignés, au moins sur l'une des planches, j'ai cru, pour plus de clarté, devoir en donner la légende.

A Marronnier d'Inde foudroyé .	hauteur de la partie feuillue (A'' A''') =	6^m,70
	hauteur de l'autre partie . (A' A''') =	2^m,30
	hauteur totale. . . .	9^m,—
B Bâtiment de la Douane, hauteur		17^m,30
B', B'' Paratonnerres, hauteur.		3^m,—
BB''' Conducteur.		
C Bâtiments des travaux du Rhin;	dont la hauteur ne dépasse pas . .	16^m,—
D Bâtiment du péage du pont de bateaux;		
E Bâtiment du Commissariat de police;		
F Maisons de faible hauteur (4 à 12 mètres).		

G Guérite placée au commencement du pont de bateaux.

H Premier peuplier et le plus élevé d'une série de onze peupliers distants de 5 mètres, de 20 à 25 mètres de hauteur, placés entre le marronnier A et le pont du chemin de fer. Ce peuplier a 25 mètres de hauteur.

K Première pile du pont du chemin de fer sur le Rhin, surmontée d'un portail en fonte, en communication par sa base, à l'aide d'un conducteur, avec l'eau du Rhin; de sorte que le pont du chemin de fer, par les flèches de ses deux portails, ses communications métalliques multiples et ses deux conducteurs, peut être considéré comme protégé contre l'action de la foudre; hauteur de l'extrémité de la flèche au-dessus de la pile $15^m,30$.

I Peuplier d'Italie, de 32 mètres de hauteur (pl. III), placé devant la Maison-Blanche et foudroyé le 13 juillet 1869, au soir.

L Maison-Blanche occupée par un poste de douaniers.

M Maison habitée par M. Eisser, sur la route de Kehl.

N Pont du Petit-Rhin.

Comme, en raison de la grande distance du peuplier I au marronnier A, il a été impossible de représenter ce peuplier sur la pl. II, M. Faller m'a transmis, à son sujet, les données suivantes:

« Le peuplier situé à côté de la Maison-Blanche, frappé par la foudre, le 13 juillet « dernier, se trouve éloigné de 840 mètres du marronnier foudroyé, le même jour, aux « abords du pont de Kehl.

« Le pied de ce peuplier est à l'altitude de $138^m,905$; sa hauteur est d'environ « 32 mètres.

« L'altitude du sommet serait donc de $170^m,905$.»

Des flèches I A indiquent, sur les plans I et III, la direction horizontale du peuplier I au marronnier A; une flèche marquée I A sur le plan II représente la projection sur le plan de profil de la droite qui joint le sommet du peuplier I au sommet du marronnier A. — Ces directions IA servent à représenter approximativement la trajectoire d'un éclair de troisième classe [1], qui, comme je l'établirai, est parti du peuplier I, ou de son voisinage, pour aller frapper le marronnier A.

Les distances horizontales du marronnier A, sont:

Jusqu'au bâtiment de la Douane, de	34 mètres.
Jusqu'au paratonnerre le plus voisin.	55 »
Jusqu'au Rhin	54 »
Jusqu'au peuplier H.	50 »
Jusqu'au pont du chemin de fer	160 »

(1) J'en donnerai la définition au commencement du § 6.

Je mentionnerai encore les deux distances MI = 960 mètres, de la maison de M. Eisser au peuplier foudroyé, près de la Maison Blanche, et MA = 850 mètres, de la même maison au marronnier A.

J'ai relevé enfin sur la carte des environs de Strasbourg, dressée par l'architecte de la ville, à l'échelle de 1/20,000 (1), quelques distances qu'il est utile de faire connaître.

Du parvis de la cathédrale au pont de Kehl	3600 mètres.
De l'Hôpital civil au peuplier I	3660 »
Du cimetière Saint-Urbain au peuplier I	3000 »
De la maison de M. Hatt, à Schiltigheim, au peuplier I	5600 »

La comparaison des altitudes des objets placés aux environs du marronnier A se fera avec la plus grande facilité, à l'aide de la pl. II; on voit, par la note de M. Faller, que le peuplier I, l'un des plus élevés de l'île, surpasse de ($170^m,905$ — $162^m,753$) = $8^m,152$, le sommet du peuplier H, c'est-à-dire le point le plus élevé des abords du pont de Kehl. Cette observation trouvera son application plus tard.

J'ajouterai que les deux marronniers voisins du marronnier A, ont chacun une hauteur de $7^m,50$, que le banc sur lequel les militaires foudroyés étaient assis, avait une longueur de $1^m,55$, que le poids du treillis du pont du chemin de fer est de 1,100,000 kilogrammes, sans compter les caissons et les rails, et que celui de chacun des ponts tournants des extrémités est de 256,000 kilogrammes.

Paratonnerres. Il était nécessaire, pour discuter l'une des opinions émises sur le coup de foudre du 13 juillet, d'examiner les pointes des deux paratonnerres du bâtiment de la Douane, l'état du conducteur et de sa communication avec le sol.

Dans ce but, et avec l'autorisation de M. le directeur des Douanes, nous nous sommes transportés samedi, 24 juillet, M. Arnold, architecte de ces bâtiments, M. Lichtenfelder fils qui en a construit les paratonnerres, et moi, au pont du Rhin. Des échafaudages avaient été dressés sur la toiture, et les deux pointes des paratonnerres ont été enlevées sous nos yeux. Ces pointes, qui sont en bronze doré, étaient salies, vers l'extrémité, par des taches de mouche qui ont pu être enlevées sans difficulté. Toutefois les calottes terminales (de $0^m,002$ de diamètre à la base et de $0^m,001$ de flèche) n'étaient plus dorées; mais elles ne présentaient aucune trace de fusion.

Nous avions ensuite à voir si le conducteur est en bon état.

Les paratonnerres sont reliés au sol par un conducteur en fer de $0^m,02$ d'équarrissage, formé par une série de tronçons boulonnés, dont les surfaces d'assemblage étaient très-légèrement oxydées, mais dont les vis avaient l'éclat métallique. Le

(1) Strasbourg, veuve Berger-Levrault et fils, 1864.

tronçon le plus rapproché du sol était en communication avec une tige de cuivre de $0^m,01$ d'équarrissage et longue de 6 mètres. Cette longueur avait été calculée de manière à ce que la tige se trouvât, par son extrémité inférieure, à 2 mètres au-dessous du niveau des plus basses eaux de la nappe souterraine.

La tige retirée du puits était mouillée sur une longueur de 3 mètres, et son extrémité inférieure présentait l'apparence métallique sur une longueur de $1^m,50$.

Il résulte donc de notre examen:

1° Que les paratonnerres du bâtiment de la Douane n'ont pas été foudroyés;

2° Que le conducteur est en assez bon état;

3° Que la communication avec le sol est suffisamment établie.

§ 4.

Déclarations des témoins.

Quoique la détermination de l'heure du coup de foudre n'ait pas une grande importance au point de vue de l'étude physique du phénomène, je vais la faire cependant, pour n'avoir pas à y revenir, dans les déclarations qui suivront. Si les témoins sont d'accord sur la date de l'accident, la plupart ne donnent que les heures limites entre lesquelles il s'est produit (entre 6 1/2 heures et 7 heures du soir).

On conçoit très-bien, en effet, qu'au moment où, dans le voisinage du pont de Kehl, on apprit que trois militaires venaient d'être foudroyés, personne n'ait eu l'idée de s'assurer de l'heure. Mais par une circonstance fortuite, ce qui était peu probable après le coup de foudre, a eu lieu avant. Voici comment:

M. Papier (22 juillet), attendait une personne qui, venant de Carlsruhe, devait arriver à Kehl à 7 heures 30 minutes du soir (heure de Kehl); avant de quitter le bâtiment du péage pour se rendre à la gare, il demanda à M. Strub le temps qui lui restait jusqu'à l'arrivée du train. M. Strub regarda sa montre réglée sur l'heure de Kehl, et lui répondit qu'il était 7 heures 15 minutes. Sur cette indication, M. Papier s'avance vers le pont de Kehl; à peine une minute s'était-elle écoulée depuis qu'il avait quitté le bâtiment du péage, que le coup de foudre éclata. Il est facile de déduire, de cette déclaration, l'heure de Strasbourg, à moins d'une minute, au moment de l'accident.

En effet, d'après les bulletins de chemin de fer, l'heure de Kehl avance de 9 minutes sur l'heure de Strasbourg; il était donc 7 heures 7 minutes du soir à l'horloge de Strasbourg quand le marronnier fut frappé.

Avant de donner les déclarations des témoins, je dois faire remarquer que je les ai placées, non dans l'ordre où je les ai recueillies, mais dans un ordre logique, qui rendra plus claire la discussion que j'en ferai dans l'un des paragraphes suivants.

M. Hatt, Louis-Guillaume (31 juillet et 9 août), qui habite Schiltigheim, près de Strasbourg (pl. IV), était à une fenêtre du premier étage de sa maison, faisant face à la citadelle et à l'île du Rhin, où, après avoir vu plusieurs éclairs, il en aperçut un en zigzag, descendant assez bas sur l'horizon vers l'île du Rhin, qu'il considéra comme devant être foudroyant.

M. Enders (10 août) revenait de Strasbourg vers Kehl, par la route de la porte d'Austerlitz, et se trouvait dans le voisinage du cimetière Saint-Urbain, quand il vit deux éclairs, à trente secondes d'intervalle, l'un en zigzag très élevé, l'autre à peu près vertical, aboutissant à l'horizon, vers les arbres de l'île du Rhin, et lui paraissant instantané; il considéra ce dernier éclair comme foudroyant, et supposa que la foudre était tombée à Kehl; il prit alors une voiture qui passait et arriva au pont de Kehl, où il eut connaissance de ce qui venait d'arriver et raconta ce que lui-même avait aperçu.

M. Perché (24 juillet et 7 septembre) était au premier étage de la Maison-Blanche L (pl. III), faisant face à une allée de peupliers d'Italie qui se trouve à peu près à 40 mètres de la maison. Le premier peuplier I (pl. III) de gauche de cette allée est adossé contre un noyer, et à sa gauche se trouve une mare de 60 mètres carrés, environ, de surface; c'est du reste l'un des arbres les plus élevés du voisinage (32 mètres); cependant il se trouve des peupliers aussi élevés sur la digue qui est derrière la Maison-Blanche. M. Perché ne regardait pas au dehors, et, par suite, n'a pas vu la foudre tomber du nuage sur le peuplier. Mais au moment où le coup de foudre est venu le surprendre, il a vu l'atmosphère en feu et comme une foule de petits éclairs en zigzag au haut du peuplier I; en même temps des feuilles et des éclats de bois sont tombés et m'ont été représentés; j'ai même vu, au tiers supérieur du tronc, une place blanche qui semblait représenter la portion de la surface d'où l'un de ces éclats s'était détaché. L'eau de la mare a bouillonné et a été projetée.

M. Perché a éprouvé une vive impression de chaleur aux mains et au visage; il a même regardé ses mains pour voir si les poils n'en étaient pas roussis. En s'approchant du peuplier, immédiatement après le coup, le témoin n'a senti aucune odeur particulière, mais il a vu l'eau de la mare toute troublée.

Avant le coup de foudre, M. Perché avait vu des éclairs au sud-ouest et entendu

le tonnerre à plusieurs reprises; il est sûr qu'un deuxième coup n'a pas succédé, à quelques secondes d'intervalle, au bruit de la foudre qui venait de frapper le peuplier I; il n'a pas observé de masse, d'apparence ignée, s'éloignant du peuplier dans une direction quelconque, et n'a pas remarqué d'éclair descendant des nuages et se dirigeant, au même moment, vers le pont du Rhin. On n'a connu au poste de la Maison-Blanche l'accident du pont de Kehl que le lendemain matin.

M. Eisser (17 juillet, 22 juillet) a vu, d'une fenêtre du premier étage de la première maison à gauche de la route du Petit-Rhin au Grand-Rhin, M (pl. III), comme un boulet rouge de 12, allant en quelques secondes dans la direction du Petit-Rhin au Grand-Rhin; sa trajectoire semblait passer à travers les peupliers à 1 ou 2 mètres de leur sommet, et paraissait presque horizontale, quoique s'abaissant à mesure qu'elle s'approchait du Grand-Rhin; pour pouvoir suivre son mouvement, M. Eisser quitta rapidement la fenêtre qu'il occupait pour prendre place à une fenêtre d'où on aperçoit le bâtiment de la Douane; il vit le météore continuer à cheminer à travers les arbres, puis arriver devant le bâtiment de la Douane, à une hauteur égale à environ la moitié de celui-ci, puis disparaître caché par ce bâtiment. Il n'entendit aucun bruit particulier pendant son trajet, mais un bruit formidable bientôt après sa disparition, et un bruit sec, bref, analogue à celui d'un projectile qui éclate, et beaucoup moins fort que le premier, quelques secondes après. M. Eisser n'a vu la foudre tomber directement des nuages ni vers la Maison-Blanche, ni sur les paratonnerres de la Douane, ni dans leur direction. Il a supposé que le globe de matière électrique avait été frapper le pavillon de la Douane qui sert de corps de garde (pl. II), ou était allé tomber dans le Rhin. Afin de s'assurer de ce qui était survenu, il se rendit au pont de Kehl, où il apprit le malheur qui venait d'arriver. Je me suis rendu compte par moi-même, le 22 juillet, de la position des fenêtres de M. Eisser, et du temps qu'il avait employé pour passer de l'une à l'autre; puis je me suis assuré, le 26 juillet, que la direction dans laquelle il avait commencé à apercevoir le météore, coïncidait sensiblement avec la direction de la Maison-Blanche M I (pl. III).

M. Royer fils (17 juillet), qui était au premier étage du bâtiment de la Douane, a vu passer près de la fenêtre devant laquelle il était, à 10 mètres environ au-dessus du sol, un globe igné de la dimension d'une bille de billard, et qui paraissait se diriger horizontalement. M. Royer fils m'a dit n'avoir constaté aucun intervalle de temps appréciable entre le moment du passage et le bruit qui suivit; il a ajouté que son grand-père avait également vu passer le météore, et croyait d'abord qu'il avait éclaté sur l'une des fenêtres du bâtiment.

M. Bonnet, sergent au 96e de ligne (9 août), affirme avoir vu de la *flamme* venir de la direction du toit du poste et se dirigeant obliquement vers le Rhin; il ne précise

pas la forme de cette flamme, parce qu'il a baissé instinctivement la tête, au moment où il l'a aperçue.

M. Thomas, soldat au 96e de ligne (23 juillet), qui était de faction devant la guérite G (pl. I) qui est près du pont de bateaux du Rhin, a vu comme un cylindre de feu aller du bâtiment de la Douane vers le marronnier A, et éclater par un coup unique rappelant le bruit du parchemin que l'on déchire; il n'a rien vu tomber sur les paratonnerres de la Douane.

M. Doujoux, soldat au 96e de ligne (23 juillet), qui était devant le bâtiment de la Douane, a vu une masse de feu se dirigeant obliquement de ce bâtiment vers le marronnier A, où elle a éclaté; il déclare que Tournier (l'un des hommes qui ont succombé) a conservé encore des battements de cœur, pendant dix minutes environ, depuis l'instant où il fut frappé.

Je trouve encore dans mes notes la mention suivante (23 juillet), sans le nom du témoin : un soldat du 96e de ligne était hors du poste, debout, et a vu passer une masse de feu venant de la direction de l'allée de peupliers qui aboutit aux maisons F (pl. III), devant le bâtiment de la Douane; elle était à peu près à la hauteur du pavillon qui sert de corps de garde, et se dirigeait vers le marronnier A, sur lequel elle a éclaté. — Le témoin n'a pas vu la foudre tomber sur les paratonnerres de la Douane et croit qu'elle n'y est pas tombée.

M. Strub (17 juillet) était sous le pavillon du péage D (pl. I), en face et à 20 mètres du marronnier A. Quelques instants avant l'accident, M. Papier, lui ayant demandé l'heure, M. Strub tira sa montre et lui répondit qu'il est 7 heures 15 minutes à l'horloge de Kehl. Une minute après, un coup formidable se faisait entendre, et M. Strub, qui parlait à quelqu'un, vit la partie supérieure de l'arbre en feu et y remarqua comme les *pétillements* d'un feu d'artifice; en même temps du feu couvrait les schakos et quelques boutons des deux soldats (Pagès et Tournier) (1), et (2) (pl. I, fig. compl.) qui étaient voisins du marronnier A; il n'a pas remarqué de feu entre Tournier qui était au milieu du banc et le caporal Vernière (3), qui était à l'extrémité du banc et qui avait la tête tournée vers le Rhin. M. Strub vit les trois militaires tomber à la renverse derrière le banc sans proférer un cri. Ce n'est que quelques secondes après que le caporal a commencé à crier, ne pouvant plus se relever, et se plaignant de douleurs très-vives au scrotum. M. Strub courut vers les trois militaires pour leur venir en aide; il ne remarqua ni fumée ni élévation anomale de température. La cravate bleue de l'un de ces militaires commençait à brûler, et il l'éteignit.

M. Papier (22 juillet), dont j'ai rappelé plus haut le témoignage qui a servi à fixer l'heure de l'accident, a entendu deux coups de tonnerre distincts: le premier bref, sec,

caractérisé par la suite des lettres K r r r ... ; le deuxième plus continu et plus fort, à un intervalle d'une seconde, environ, du premier. M. Papier n'a pas remarqué d'odeur, ni de fumée, ni d'élévation exceptionnelle de température. En quittant M. Strub, auquel il venait de demander l'heure, il se dirigeait vers le pont de bateaux, le dos tourné au bâtiment de la Douane et au marronnier A, à 20 mètres environ de celui-ci; il avait ouvert son parapluie pour se garantir de quelques grosses gouttes de pluie; il ne pouvait, par sa position, voir la foudre tomber ni sur le marronnier A, ni sur la Douane; mais au moment du coup il était, selon son expression, comme enveloppé de feu. Il lui sembla qu'il était pressé subitement du haut en bas, et il fut forcé de s'abaisser. En se relevant, il vit les trois militaires renversés derrière le banc; ils n'avaient pas jeté un cri; l'un d'eux lui parut avoir les lèvres enflées.

Le caporal Vernière, après quelques secondes, se mit à crier, en se plaignant de douleurs très-vives au scrotum, qui avait augmenté de volume, et sur lequel on appliqua des compresses trempées dans de l'eau vinaigrée. M. Papier, en s'approchant des trois militaires pour leur porter secours, a constaté que l'aigle de l'un des schakos et l'une des épaulettes avaient été lancés à distance, que l'un des pompons en laine avait eu ses filaments dispersés et brûlés partiellement; l'une des cocardes avait perdu ses couleurs et ne présentait plus que l'aspect du fer-blanc. D'après le même témoin, un douanier, qui était à 10 mètres du marronnier A, fut renversé et eut le bras engourdi; il croyait avoir reçu un pompon au visage et une plaque de shako à la main; celle-ci présentait une petite contusion, qui a disparu depuis.

M. Papier ajoute qu'après sa commotion il a éprouvé une grande lassitude, ayant les membres comme brisés jusqu'au lendemain matin. Le ciel, me dit-il, n'était pas noir au-dessus du lieu de l'accident; les nuages étaient d'apparence rougeâtre et comme cuivrés.

M. Papier m'a donné encore quelques autres renseignements que je crois devoir rapporter. Il a appris d'une personne qui revenait à Kehl, le 13 juillet, par le train de Baden, à 10 heures 10 minutes du soir, qu'un orage avait passé sur Renchen, près d'Appenweier, vers 7 1/2 heures du soir, et avait particulièrement sévi sur Ulm, petit village voisin, situé au pied de la Forêt-Noire. Il tient d'un conducteur de chemin de fer de Munich à Kehl, que dans la nuit du 13 au 14 juillet, à minuit, il avait éclaté un fort orage sur Munich, avec tonnerre, pluie et grêle. Des employés de la gare de Kehl lui ont dit qu'un certain nombre de personnes ont aperçu, au moment du coup de foudre, du feu qui *pétillait* sur les rails. — Il n'a entendu citer personne qui eût vu la foudre tomber sur les paratonnerres de la Douane.

M. Schæffer (15 juillet), qui était à l'une des fenêtres du cabinet du corps-de-garde (pl. II), a entendu un premier coup de tonnerre fort et sec, et un deuxième coup

moins fort, une seconde au plus, après le premier. Le tonnerre grondait déjà depuis quelque temps dans le lointain, au sud-ouest, et il continua ensuite dans la direction de la Forêt-Noire. L'orage passait d'ailleurs rapidement, ne laissant tomber que quelques gouttes d'eau.

M. Schæffer a éprouvé, ainsi que quelques autres hommes du poste, une forte commotion. En se rendant près de l'arbre foudroyé, il lui sembla sentir une odeur d'ozone; en voyant les trois militaires renversés, il fit, pour ne pas perdre de temps, prier M. Glokner, aide-chirurgien de la compagnie d'infanterie badoise qui était, en ce moment, en résidence au fort de Kehl, de vouloir se rendre au corps-de-garde français, où furent transportés Pagès et Tournier.

Quant au caporal Vernière, qui perdit connaissance un instant, on le transporta chez M. Royer, receveur des douanes, chez lequel il fut l'objet de soins dévoués; il resta paralysé des deux jambes pendant trois quarts d'heure, temps après lequel il commençait à les remuer. Au bout de deux heures il était debout, pouvait marcher et allait assez bien pour pouvoir être ramené en voiture à Strasbourg.

M. Vernière, caporal au 96e de ligne (15 juillet), était placé à l'extrémité du banc la plus rapprochée du Rhin (3) (pl. I, fig. compl.), et regardait dans la direction du Rhin; il n'a pas vu l'éclair, il n'a pas entendu le tonnerre, et croyait, après avoir repris connaissance, que les cartouches de sa giberne avaient fait explosion. Il éprouvait de vives douleurs au scrotum, avait de la peine à respirer, souffrait de la tête et se plaignait d'un certain trouble de la vue. Le 15 juillet ces douleurs n'avaient pas complétement disparu, quoiqu'il allât beaucoup mieux. J'ai vu ses diverses lésions et l'état de ses vêtements, mais comme il en sera question au paragraphe suivant, il est superflu de les rappeler ici. Ses souvenirs ne le servent bien, ni pour la position du banc près du marronnier A, ni pour l'ordre des deux soldats qui l'occupaient avec lui; je me dispense de les mentionner parce qu'ils sont en contradiction avec les déclarations de tous les hommes du poste que j'ai interrogés collectivement.

M. Glokner avait quitté Kehl lorsque j'ai voulu lui demander quelques renseignements; mais il m'a écrit, à la date du 28 août, une lettre dont j'extrais les passages qui concernent, d'une part, les tentatives qu'il a faites pour rappeler Pagès et Tournier à la vie, et, d'autre part, les soins qu'il a donnés au caporal Vernière.

« En arrivant au corps-de-garde français, je trouvai sur le lit de camp deux sol-
« dats qu'on venait de frotter avec du vinaigre. Le plus âgé (Pagès) n'avait plus ni
« pouls ni battements de cœur; j'essayai inutilement de provoquer quelques mouve-
« ments, en lui faisant respirer de l'ammoniaque: il était mort. On constatait encore
« chez le plus jeune (Tournier) un pouls faible et irrégulier; j'essayai de le rappeler
« à la vie en frictionnant vivement le voisinage du cœur et les jambes avec de l'al-

« coolat de moutarde, en lavant le visage avec un mélange d'éther et de vinaigre ; je « tâchai de provoquer quelques mouvements respiratoires, mais en vain. Malgré mes « efforts, la mort me parut certaine, 10 minutes après mon arrivée, et j'en informai « l'officier du poste, qui était près de moi. J'allai voir ensuite le caporal (Vernière), « qui était couché sur un lit dans le bâtiment de la Douane ; il avait été atteint par la « foudre assez fortement à la cuisse gauche, qui portait quelques brûlures ; je prescrivis « de légères frictions avec de l'huile d'olives, l'application d'un linge recouvert « d'axonge, et, dans le cas où les plaies seraient trop douloureuses, de faire dans leur « voisinage des lotions avec de l'extrait de saturne ; puis je revins à Kehl. »

M. Faller (20 juillet) déclare qu'il y avait des éclairs dans la direction du Petit-Rhin, c'est-à-dire vers l'ouest, mais que le tonnerre était à peine appréciable, quand on entendit vers 7 heures, à moins d'une seconde d'intervalle, deux violents coups de tonnerre consécutifs.

Le ciel, très-couvert à l'ouest, l'était peu en ce moment sur le Rhin et sur Kehl. Les nuages franchirent rapidement le Rhin, en laissant tomber de rares gouttes de pluie. Une personne qui était à la cuisine du bâtiment des travaux du Rhin, C (pl. I), entendit, un instant avant le premier coup de tonnerre, un bruit semblable à celui qu'on eût produit en jetant du sable contre les volets.

M. Royer père (24 juillet) m'a fait connaître le coup de foudre de la Maison-Blanche et m'a conduit au lieu de l'accident ; il était, le 13 juillet, sur les bords du Rhin, revenant vers le bâtiment de la Douane ; il n'a vu la foudre tomber ni sur le marronnier A, ni sur les paratonnerres de la Douane ; il m'a dit que M[me] Royer, qui était près de la cheminée de la cuisine, avait éprouvé une secousse très-vive et avait failli en être renversée ; il croit que le coup foudroyant a éclaté entre 7 heures 15 minutes et 7 heures 20 minutes (heure de Kehl).

M. Schmitten (21 juillet) était dans le voisinage des Bains du Rhin (rive droite) avec sa famille, à 300 mètres environ du marronnier A; il n'a pas vu tomber la foudre, quoique placé en face du bâtiment B de la Douane française ; mais au moment où il a entendu le tonnerre, qui était d'une violence extrême, il a vu l'atmosphère comme en feu autour de lui ; il a éprouvé une pression sur le cou, qui l'a forcé à s'accroupir. D'autres personnes qui étaient dans le voisinage lui ont dit avoir ressenti la même impression. M[me] Schmitten, qui était dans une salle d'attente des Bains, n'a rien éprouvé. M. Schmitten était de sang-froid ; il se rend bien compte de la sensation qu'il a éprouvée et ne pense pas qu'un sentiment de crainte ait pu la provoquer.

M. Mœwes (10 août) était dans une voiture de place, à cinquante pas environ du bâtiment de la Douane (sur la route de Kehl, entre ce bâtiment et le pont du Petit-Rhin, pl. III), et se rendait à Strasbourg. Au moment où il entendit le coup de ton-

nerre, qui lui a semblé unique, il vit tout le sol comme couvert de feu, avec de petits éclairs en zigzag, et l'air lui parut très-agité. Il a été étourdi par le bruit pendant une demi-seconde, mais n'a rien éprouvé qui pût se comparer à une commotion électrique. Le cocher de la voiture de louage qu'il avait prise était tombé de son siége sans trop savoir comment, se trouvait sur ses pieds et se remit de suite de l'impression qu'il avait éprouvée. M. Mœwes n'avait jamais entendu de bruit aussi violent et le compare à celui de vingt pièces de canon. Les nuages lui semblaient très-bas, d'une hauteur à peu près double de celle des peupliers; ils étaient d'une couleur rouge cuivré. Le cheval avait fait un mouvement de côté, était resté immobile et tremblait. M. Mœwes descendit de fiacre, marcha au milieu de la route et ne reprit la voiture, qui allait au pas, qu'au passage à niveau du chemin de fer.

M. Schwester père, propriétaire (24 juillet), m'a appris que son fils, qui était à pêcher dans les marais de l'Ile-du-Rhin, près des bains de la rive française, à environ 150 mètres du marronnier A, fut terrassé, ainsi que son chien, à l'instant où il entendit le coup de foudre.

Au bureau télégraphique de Kehl (17 juillet), un employé, dont je n'ai pas pris le nom, m'a affirmé qu'au moment du coup de tonnerre les fils du télégraphe avaient été agités comme si on tirait des lanières, et qu'on avait vu du feu courir avec de petites détonations sur les rails du pont du chemin de fer.

Mlle Ross, employée au bureau du télégraphe de Kehl (17 juillet), m'a dit qu'avant le coup de foudre les communications de Kehl avec Strasbourg et avec Bade étaient libres, sans indication de courant dangereux; au moment du coup, on n'a pas éprouvé de commotion dans le bureau; mais immédiatement après, les fils du paratonnerre télégraphique ayant commencé à rougir, on dut interrompre, pendant un intervalle de dix à vingt minutes, les communications avec Bade et avec Strasbourg. Mlle Ross pense, sans en être sûre, que le coup de foudre a éclaté à 7 heures 15 minutes, heure de Kehl; mais ce qu'elle peut affirmer, c'est que 7 heures avaient sonné, depuis quelque temps déjà, à l'horloge de Kehl, quand on entendit le coup; elle n'a pas noté l'heure à l'instant où elle interrompit les communications avec Bade et avec Strasbourg.

Au bureau télégraphique central de Strasbourg, de même qu'au bureau voisin de la gare, les effets de l'orage du 13 juillet ont été peu marqués.

Je vais joindre à ces témoignages quelques observations qui me sont personnelles, et un renseignement sur la position du banc auprès du marronnier A, et sur l'ordre dans lequel se trouvaient les trois militaires qui y étaient assis.

Je me suis transporté, le 14 juillet, au pont du Rhin et j'ai examiné attentivement le marronnier qui avait été frappé; j'ai constaté que cet arbre avait été dépouillé de

quelques feuilles à son sommet, mais que le tronc paraissait intact jusqu'aux environs du pied. Les feuilles intérieures les plus rapprochées du tronc, sur toute la longueur A'', A''' (pl. II), étaient sèches. Aucun des marronniers voisins n'offrait ce caractère. Sur la partie inférieure du tronc de A''' en A' (pl. II), du côté du bassin (pl. I), se trouvait une légère fente, qui ne paraissait pas être le résultat de l'action de la foudre; mais en A' (pl. I, fig. compl.), le pied du tronc était noirci, très-superficiellement il est vrai, et paraissait carbonisé sur une étendue d'environ $0^m,02$. La terre avait été remuée dans le voisinage sans qu'on pût attribuer cet état à l'action de la foudre; j'ai engagé le doigt à $0^m,1$ environ sous le sol en cet endroit, pour voir si je ne découvrirais pas le commencement d'une *fulgurite*, mais sans succès. Le sol, à la place occupée par le banc et aux environs, n'offrait aucune ouverture, aucun signe de l'action de la foudre; il avait été foulé, il est vrai, fréquemment depuis l'accident.

J'ai pu établir nettement, le 15 juillet, par le témoignage unanime des soldats qui étaient de garde au pont de Kehl, le 13 juillet, la position du banc près du marronnier foudroyé et le rang des trois militaires qui l'occupaient. Une figure complémentaire de la pl. I donne la position de ce banc. PAGÈS (n° 1) était appuyé contre l'arbre; TOURNIER (n° 2) le touchait : l'un et l'autre avaient la tête dirigée vers la route; le caporal VERNIÈRE (n° 3) était au bout du banc, à une certaine distance de TOURNIER, tourné vers la route et regardant le Rhin.

J'ai été voir, le 24 juillet, le peuplier foudroyé le 13 juillet, près de la Maison-Blanche; son sommet était dépouillé de feuilles sur quelques décimètres de longueur, et on remarquait une place blanche au tiers environ de la hauteur, à partir du sommet; je n'ai pas constaté d'autres effets. On m'a montré une foule de petites branches avec leurs feuilles sèches, ramassées après le coup de foudre, et surtout un éclat de bois qui semblait répondre à la place blanche du tronc signalée plus haut; sa surface, peu étendue d'ailleurs et assez irrégulière, ne dépassait pas $0^m,01$.

J'ai examiné, le 15 juillet, les traces de fusion que présentent les fourreaux de sabre des militaires foudroyés, et j'ai fait, le 21 et le 22 septembre, quelques essais sur leur magnétisme : il sera question de cet examen et de ces essais dans le paragraphe suivant.

§ 5.

Autopsies de PAGÈS *et de* TOURNIER. — *Lésions du caporal* VERNIÈRE. — *État des vêtements.* — *Fusion des métaux.* — *Actions magnétiques.*

Les autopsies ont été faites par M. TOURDES, professeur à la Faculté de médecine, avec le concours de MM. les docteurs BOUCHARD, LEREBOULLET et BEAUNIS, et ont donné les résultats suivants :

Résumé de M. le docteur LEREBOULLET (¹).

Autopsies faites 14 1/2 heures après la mort. « PAGÈS (nº 1) : Trente ans, tué sur « le coup. Brûlures assez étendues des poils de la moustache, de l'impériale, des cils, « des sourcils, des cheveux à la region temporale, du côté gauche ; à droite, les poils « sont parfaitement intacts, — brûlures d'apparence pigmentée, étroites, disséminées « sur la joue gauche, — large brûlure parcheminée, rouge brunâtre sur le cou du « côté gauche ; de cette brûlure partent plusieurs sillons, se dirigeant en dehors sur « le moignon de l'épaule et en arrière sur l'omoplate, — large brûlure à la partie « postérieure et supérieure du bras gauche, — quelques brûlures étroites disséminées sur le thorax du côté gauche. Écoulement de sang noir par l'oreille gauche. — « Rien aux membres inférieurs. Dessiccation parcheminée du scrotum. — Rigidité « cadavérique normale ; lividité aux parties déclives ; face cyanosée. — Cornées ternes, « opaques, sans lésions particulières. A l'ouverture du cadavre : congestion très-prononcée de tous les organes, et principalement des méninges, du cerveau, du poumon, du pharynx. Cette congestion, caractérisée par la réplétion exagérée des veines « et par un piqueté abondant dans la substance cérébrale, ou par un écoulement « notable de sang à la section du parenchyme pulmonaire, est analogue à celle que « l'on observe dans tous les cas de mort par asphyxie. — L'aspect du cerveau, du « bulbe, de la moelle épinière, était tout à fait normal comme consistance et comme « coloration. — Le sang est liquide, noir, sans caillots. La voûte crânienne est absolument intacte, ainsi que la base du crâne. Le rocher du côté gauche ne présente « aucune fracture, mais la membrane du tympan y est perforée, enlevée presque complétement et ne présentant plus qu'un ou deux lambeaux refoulés de dehors en dedans. — Le sang est à peu près normal, présentant seulement quelques globules « déchiquetés. — Les spermatozoïdes très-développés sont sans mouvement (²). Comme « lésion préexistante, on trouve une dégénérescence graisseuse assez avancée des « reins. Les bassinets et la vessie sont remplis d'une matière purulente, huileuse.

« En résumé, aucune lésion pouvant expliquer la mort, aucun signe permettant « de diagnostiquer autre chose qu'une asphyxie plus ou moins complète.

« TOURNIER (nº 2) : Vingt et un ans, a survécu quelques moments (de cinq à dix « minutes), mais sans reprendre connaissance. — Forte contusion au devant de

(¹) Les lecteurs qui désireraient de plus amples détails sur ces autopsies, les trouveront dans la *Relation médicale etc.*, que M. le professeur TOURDES a publiée dans la *Gazette médicale de Strasbourg*, numéro du 25 août 1869.

(²) L'examen en a été fait vingt et une heures après la mort.

« l'oreille droite ; au-devant du conduit auditif externe une plaque noirâtre parche« minée ; brûlures ponctuées noirâtres sur la joue droite. Cils et sourcils des deux « côtés, ainsi que les moustaches (peu développées chez ce sujet) complétement « brûlés et roussis. Cheveux brûlés au niveau de la tempe droite. A la jambe droite « on remarque deux brûlures situées à peu près au niveau d'une brûlure qui existe « dans le pantalon du même côté. Elles sont desséchées, brunâtres ; l'épiderme est « enlevé ; le scrotum desséché. — Large phlyctène bleuâtre à la plante du pied « droit. — Congestion excessivement marquée de la face, du tissu cellulaire sous« cutané du crâne, du cerveau et des méninges, mais *sans lésion matérielle.* — Con« gestion pulmonaire fortement accentuée ; poumons volumineux, noirs, gorgés de « sang, remplis d'amas pigmentaires et de concrétions noirâtres sanguinolentes. — « Rougeur et gonflement de l'épiglotte. — Congestion du foie et du rein ; rate petite, « normale. — Sang brun rougeâtre, sans caillots, parfaitement liquide, distendant les « cavités du cœur. — Spermatozoïdes peu abondants, immobiles. — Pas d'urine « dans la vessie. — Estomac rempli de matières alimentaires à moitié digérées. — « Rigidité cadavérique très-marquée. — Commencement de putréfaction (plaque « bleuâtre à la partie inférieure de l'hypocondre gauche).

« En résumé : asphyxie plus marquée que chez le premier sujet. Aucune lésion « matérielle pouvant expliquer la mort. »

Lésions du caporal Vernière. « Le caporal VERNIÈRE (n° 3) a été renversé et blessé, « mais il a survécu. Voici les lésions constatées : brûlure en sillon, allant de la fesse « droite à la fesse gauche ; le sillon, long de $0^{m},40$, est oblique de gauche à droite et « de haut en bas, entourant le dos comme une ceinture. Il est desséché, rugueux, « brunâtre, parcheminé. Au-dessus du pubis est un point douloureux, sans lésion « apparente. Le scrotum est *sec et légèrement parcheminé.* — La cuisse droite pré« sente deux contusions brunâtres. Après le coup de foudre, le caporal perd con« naissance ; peu d'instants après il revient à lui, sans paralysie ni affaiblissement « de l'intelligence ; il voit et entend, mais la lumière le fatigue ; il est en proie à « une céphalée intense ; il ne conserve aucun souvenir de ce qui s'est passé. Dans « la journée, insomnie, rêves fatigants, anorexie ; guérison au bout de quelques « jours. »

État des vêtements. « PAGÈS (n° 1) : Schako endommagé, pompon enlevé et divisé, « visière en cuir trouée à gauche, bouton de l'épaulette gauche arraché. — A gauche « sur la tunique, on remarque deux ouvertures déchiquetées, situées au bras (partie « moyenne) et manifestement brûlées. Une autre brûlure, également à gauche, est « plus bas vers la poche. — La chemise présente deux brûlures correspondant à « celles de la tunique. »

« TOURNIER (n° 2) : pompon divisé, plaque enlevée, la cocarde a perdu ses cou-
« leurs; trou dans le cuir de la visière à gauche, près du shako. — Épaulette
« droite sans bouton, traces de combustion ; pas de déchirures à la tunique. Au pan-
« talon, deux déchirures : l'une paraissant accidentelle, sans brûlure, située à la
« jambe gauche ; l'autre, avec brûlure manifeste, siégeant à la partie moyenne de la
« jambe droite. — Soulier droit déchiré et brûlé, clous arrachés. »

« VERNIÈRE (n° 3) : déchirure irrégulière et brûlure à la partie supérieure et posté-
« rieure du pantalon du côté gauche ; trou rond dans le caleçon, avec bords roussis,
« répondant au trou précédent. Plusieurs trous dans la partie du porte-sabre en cuir
« qui est entre la cuisse et le fourreau. — Le soulier gauche est déchiré et paraît
« légèrement roussi. »

Le *banc* sur lequel les trois militaires étaient assis, n'est ni brisé ni brûlé ; il paraît intact.

Fusion des métaux. J'ai examiné, le 15 juillet, les traces de fusion que présentaient les fourreaux de sabre (1) et le couteau du caporal.

Le fourreau de sabre de PAGÈS (numéro matricule 53,064) a été fondu à la *cuvette* (2) et au bord antérieur (3) sur une longueur de 0m,02 environ ; une partie du métal s'est affaissée à l'extérieur, l'autre à l'intérieur ; il s'y trouve une dépression courbe de 0m,002 de flèche. Le talon lui-même a été fondu légèrement à l'angle externe. A 0,m17 de la pointe, sur la courbure postérieure, le métal a été fondu sur une longueur de 0m,03 et sur une largeur maximum de 0m,003, ressemblant, comme forme, *à une goutte d'eau allongée qui serait tombée sur le fourreau.* Le bouton qui termine la pointe présente, sur le prolongement de la surface de fusion précédente, un petit globule fondu de 0m,004 de diamètre et de 0m,002 de flèche, creux à l'intérieur, avec quelques cloisons qui le divisent.

Le fourreau de TOURNIER (numéro matricule 59,637) présente, à la face interne, deux facettes de fusion, à 0m,02 du bord de la cuvette, de 0m,01 de longueur et de 0m,002 de largeur maximum environ ; puis, à la face externe, deux autres facettes semblables, à 0m,12 du bord de la cuvette ; ces quatre facettes sont irrégulièrement ondulées.

Le fourreau du caporal VERNIÈRE (numéro matricule 55,338) porte à 0m,08 de la

(1) Les fourreaux de sabre, qui sont en tôle d'acier, ne renfermaient pas le sabre pendant le service, parce que celui-ci est placé alors au bout du fusil.

(2) On appelle *cuvette* une pièce qui, comprenant l'orifice, est rivée au corps du fourreau. Cette pièce s'épaissit à la partie postérieure, qui reçoit le nom de *talon*.

(3) Les expressions de *bord antérieur*, *bord postérieur*, se rapportent à la position du fourreau sur la cuisse gauche du soldat. On a appelé *face interne* du fourreau, la portion de la surface extérieure appliquée contre la cuisse gauche du soldat, et *face externe*, l'autre.

cuvette, sur la face interne et près du bord antérieur, une surface de fusion très-accentuée de forme circulaire, d'un diamètre moyen de 0m,006, avec un petit sillon circulaire intérieur. Entre cette surface et la cuvette il y a quatre facettes de fusion, irrégulières, très-superficielles, dont deux se touchent, et qui ont 0m,001 à 0m,002 de diamètre moyen.

Le couteau du caporal VERNIÈRE avait perdu, antérieurement à l'accident, la corne de son manche ; la garniture en maillechort, qui contient la lame, est terne ; mais on aperçoit, sur l'une de ses faces, une tache jaune d'apparence métallique, de quelques millimètres de longueur, qui, vue à la loupe, a l'aspect de métal fondu.

Pour caractériser autrement les phénomènes de fusion dont il vient d'être question, je ferai remarquer que, dans le fourreau le plus maltraité, celui de PAGÈS, je n'évalue pas à plus de deux grammes le poids de l'acier ramolli à la cuvette, de celui qui forme le globule du bouton et de celui dont la fusion constitue la tache intermédiaire.

État magnétique des fourreaux de sabre (1). J'ai voulu faire, le 23 juillet, l'examen de l'état magnétique de ces fourreaux ; mais ils ne purent m'être représentés. Ayant appris, vers le milieu de septembre, qu'ils se trouvent dans l'atelier du maître armurier du 96e de ligne, à la Finckmatt, j'ai fait dans cet atelier, le 21 et le 22 septembre, en présence de M. GUINEZ, la série d'essais suivante :

On sait que les barreaux d'acier, plus ou moins trempés ou laminés, placés verticalement ou dans une direction qui ne s'éloigne pas trop de celle de l'aiguille d'inclinaison, sont soumis à l'action magnétique de la terre, et peuvent, avec le temps, avec ou sans actions mécaniques concomitantes, s'aimanter plus ou moins en prenant dans notre hémisphère un pôle austral à l'extrémité voisine du sol, et un pôle boréal à l'extrémité opposée. Si ce résultat de l'observation est applicable aux canons de fusil et aux fourreaux de sabres qui, soit aux rateliers, soit entre les mains du soldat pen-

(1) Je rappellerai en quelques mots :

1° Que le pôle austral d'une aiguille aimantée se dirige vers le Nord, et le pôle boréal vers le Sud.

2° Que les pôles de même nom de deux aimants se repoussent, et les pôles de nom différent s'attirent.

3° Que le fer doux agit énergiquement par attraction sur les deux pôles d'une aiguille aimantée.

4° Que l'acier trempé ou laminé agit très-faiblement par attraction sur les deux extrémités de l'aiguille aimantée.

5° Qu'une barre de fer doux placée verticalement prend en bas un pôle austral, en haut un pôle boréal.

6° Qu'un barreau d'acier trempé ou laminé fortement et non recuit, n'éprouve de la part de la terre qu'une action inappréciable dans l'espace d'une heure.

7° Que dans les essais des barreaux qui n'ont pas une grande force coercitive, il est *nécessaire* de présenter le barreau qu'on étudie à l'aiguille aimantée, en le tenant perpendiculairement au méridien magnétique du lieu, à moins qu'on ne se soit assuré que son aimantation persiste comme sens et comme intensité, quelle que soit la direction qu'on lui donnera.

dant le service, sont généralement dans une position peu différente de la verticale, il devra arriver que les canons de fusil, soutenus par la crosse, seront aimantés de manière à offrir un pôle austral à la *boîte à culasse* (1), et un pôle boréal à la bouche du canon. Or six fusils, pris au hasard sur le ratelier, ont présenté, sans exception, une aimantation dans le sens qui vient d'être indiqué. Les fourreaux de sabre étant soutenus généralement par la cuvette, la pointe en bas, devront ordinairement être aimantés et présenter un pôle austral à la pointe, et un pôle boréal à la cuvette (2). Or, sur six fourreaux qui ont été pris au hasard et examinés, quatre se sont trouvés aimantés dans le sens prévu; un cinquième ne l'était pas, pour des raisons que j'ignore, et un sixième était aimanté en sens inverse, ayant le pôle boréal à la pointe et le pôle austral à la cuvette; ce résultat étant contraire à celui que j'attendais, je priai M. Guinez de prendre immédiatement des informations auprès du possesseur de l'arme, et il apprit que celui-ci venait de sortir de l'hôpital, où il avait été pendant huit jours, et, durant ce temps, son fourreau de sabre avait été placé sur le fusil, la cuvette à la bouche du canon et la pointe en l'air. Ce fourreau a donc pu avoir le sens de son aimantation changé, et par l'action de la terre dans la position accidentelle qui lui avait été donnée, et par l'action exercée sur lui par le pôle boréal du fusil sur lequel il était fixé.

Ces expériences préalables étant faites, j'ai étudié successivement les trois fourreaux touchés par la foudre.

Le fourreau de Pagès (3), mis au rebut comme ne pouvant être réparé, était oxydé sur quelques parties de la surface; la position dans laquelle il se trouvait différait peu de la direction perpendiculaire au méridien magnétique; mais je ne pense pas qu'elle ait pu déterminer l'aimantation remarquable que j'ai constatée sur lui.

Je n'éprouve aucun embarras à dire que ce fourreau m'a arrêté un instant. Il attirait les deux pôles de l'aiguille aimantée, énergiquement par chaque bout. Il semblait donc n'être pas aimanté.

Mais 1° ce fourreau avait des attractions fort vives pour un fourreau en acier laminé; 2° l'action qui était très-énergique quand le globule, provenant de la fusion d'une partie du bouton, était approché des pôles de l'aiguille, semblait presque s'annuler sur le pôle austral de l'aiguille, lorsque je présentais le

(1) On appelle *boîte à culasse* la partie du canon où se place la cartouche.

(2) Je m'étais déjà assuré, le 15 juillet, que quatre fourreaux, pris arbitrairement parmi ceux d'une chambrée, avaient le pôle austral à la pointe et le pôle boréal à la cuvette.

(3) Chacun des trois fourreaux a $0^{m},58$ de longueur.

bouton à ce pôle par le point opposé. Je fus ainsi amené à étudier les deux faces du fourreau, et je reconnus que la face interne représentait, sur presque toute sa longueur, un pôle austral, tandis que la face externe formait un pôle boréal. Toutefois cette aimantation transversale n'est pas régulière; elle est troublée aux deux extrémités du fourreau, et aussi dans le voisinage de la facette latérale par la transformation qui s'est produite dans l'état moléculaire de l'acier, par sa fusion. Il a perdu partiellement, aux deux extrémités, sa force coercitive, et constitue là, pour chaque pôle de l'aiguille, des centres attractifs, qui masquent, jusqu'à une certaine distance des extrémités du fourreau, l'état magnétique des faces.

Ainsi, en me résumant, le fourreau de Pagès a une aimantation transversale, et, ce qui est aussi la conséquence de l'action de la foudre, des centres d'attraction aux deux extrémités qui ont été notablement fondues.

Le fourreau de Tournier m'a été représenté remis en état, c'est-à-dire débarrassé par la lime de ses facettes de fusion. — Ce travail a-t-il pu modifier l'état magnétique? Peut-être. Mais je ne pense pas qu'il ait pu avoir d'autre résultat qu'une faible variation d'intensité. Or ici je trouve une pointe boréale, une cuvette australe et une aimantation exceptionnellement énergique. — Le travail de la lime n'ayant pas pu produire cette intensité magnétique, qui n'est pas d'avantage le résultat de la position, quelle qu'elle soit, qui a pu être donnée au fourreau depuis l'accident, il faut conclure, de son état, que les courants électriques instantanés qui ont passé à distance ou qui se sont dirigés sur lui, ont interverti son aimantation normale, et lui ont communiqué une aimantation énergique. Les facettes de fusion ayant été, ici, très-superficielles, et le métal ramolli ayant été enlevé par la lime, il ne se présente pas de centres d'attraction particuliers; la ligne neutre était à $0^{m},25$ environ de la cuvette, et, par conséquent, assez régulièrement placée.

Le fourreau du caporal Vernière était aimanté normalement; le pôle austral à la pointe et le pôle boréal à la cuvette; mais les facettes de fusion, et particulièrement la facette principale, influaient comme centres d'attraction sur les résultats (1).

§ 6.

Discussion des témoignages.

Définitions des différentes espèces d'éclairs. Pour l'étude qui va suivre il est indispensable de donner les définitions des différentes espèces d'éclairs.

(1) Le caporal Vernière étant en congé de semestre au moment de ces essais, je n'ai pu étudier l'état magnétique de son couteau.

D'après Arago[1], à qui je les emprunte, « la *première classe* comprend certains « éclairs que tout le monde a pu remarquer, et qui paraissent consister en *un trait*, « *en un sillon de lumière très-resserré, très-mince, très-arrêté sur ses bords.*

« Les éclairs ne sont ni toujours blancs ni toujours de la même couleur. Les mé- « téorologistes déclarent en avoir vu de purpurins, de violacés, de bleuâtres. Malgré « leur incroyable vitesse, ils ne se propagent pas en ligne droite. Ordinairement, au « contraire, *ils serpentent*, *ils dessinent dans l'espace*, *les zigzags les plus prononcés.*

« La lumière des *éclairs de seconde classe*, au lieu d'être concentrée dans les « traits sinueux presque sans largeur apparente, embrasse, au contraire, d'immenses « surfaces ; elle n'a d'ailleurs ni la blancheur ni la vivacité de la lumière des éclairs « fulminants. Souvent sa teinte est un *rouge très-intense.* Le *bleu* ou le *violet* y domi- « nent aussi de temps en temps.

« Les *éclairs de seconde classe* illuminent la surface des nuages ou paraissent « n'illuminer que leur contours et sont de beaucoup les plus communs.

« Les *éclairs de la troisième classe* diffèrent de ceux que nous avons dû placer « dans les deux premières, par la durée, par la vitesse et aussi par la forme; ils sont « visibles pendant une, deux, dix etc. secondes de temps. Ils se transportent des « nuages à la terre avec assez de lenteur pour que l'œil les suive nettement dans leur « marche et apprécie leur vitesse. Les espaces qu'ils embrassent sont *circonscrits,* « *nets, définis* et d'une forme qui doit peu différer de celle de la sphère, car, de loin, « en projection, ces espaces semblent des cercles de lumière. La forme sphérique que « je viens d'attribuer à certains éclairs, ou si l'on aime mieux à certaines masses lu- « mineuses, qui, dans des temps d'orage, traversent en différents sens et avec des « vitesses plus ou moins grandes l'espace compris entre les nuages et la terre, appa- « raît trop rarement aux regards des observateurs pour que des citations ne soient « pas ici indispensables. Je me ferai même d'autant moins de scrupule de les multi- « plier, que ces *globes de feu* sont aujourd'hui une pierre d'achoppement pour les « météorologistes théoriciens de bonne foi, et qu'ils me paraissent devoir servir à ex- « pliquer comment, dans quelques circonstances très-rares, il est vrai, de bons para- « tonnerres ont été inefficaces. » [2]

Ces définition posées, j'entre en matière.

Heure de l'accident. L'heure du coup de foudre a été déterminée d'une manière assez sûre pour me dispenser d'y insister. Je veux montrer cependant que le résultat obtenu est d'accord avec la table des éléments de l'orage du § 1er. On trouve dans cette

[1] *Œuvres d'Arago*, notices scientifiques, t. I, *Le tonnerre*, p. 29, 36, 37.

[2] J'emploierai, comme on a l'habitude de le faire, les expressions de *foudre globulaire*, *globe fulminant*, *globe de feu*, *tonnerre en boule*, comme synonymes de l'éclair de troisième classe.

table, qu'à 7 heures 7 minutes, l'intervalle entre l'éclair et le tonnerre est de 12 secondes. Or ce temps ayant été obtenu par les battements du pouls, on admettra sans peine que l'erreur possible, sur une détermination semblable, est au moins d'une seconde, en plus ou en moins. D'autre part, nous ne nous éloignerons pas beaucoup de la vérité, en prenant 340 mètres pour la vitesse moyenne du son entre l'île du Rhin et Strasbourg.

Ceci étant, si nous supposons que l'intervalle entre l'éclair et le tonnerre doive être réduit à 11 secondes, l'espace qui aurait été parcouru par le bruit du tonnerre pendant ce temps serait de 3740 mètres, qui représente, à peu de chose près, la distance de la Maison-Blanche à l'Hôpital civil [1].

Les hypothèses. — Première hypothèse. Un marronnier A (pl. II) est foudroyé; sous ce marronnier étaient assis trois militaires, dont deux sont mortellement frappés et le troisième sérieusement atteint. Personne n'a vu la foudre tomber sur le marronnier; mais un témoin (M. Enders) arrive sur le lieu de l'accident, qui déclare avoir vu tomber la foudre dans la direction de Kehl [2]. Comme il y a un éclair foudroyant et un arbre foudroyé, rien de plus simple et de plus commode que de rattacher l'un à l'autre, et de supposer qu'un éclair de première classe, parti du nuage, était venu frapper le marronnier A. — Mais cette hypothèse était inadmissible, car le marronnier ne pouvait se comparer, ni par son élévation, ni par sa conductibilité, ni par sa masse, ni par les pièces métalliques que portaient les militaires placés sous lui, soit aux paratonnerres des bâtiments de la Douane soit à la masse métallique considérable du pont du chemin de fer, soit même au peuplier H; une étincelle, c'est-à-dire un éclair de première classe, éclatant entre les nuages et le sol, devait aboutir à l'un des corps les plus élevés de l'île du Rhin et, comme on le verra, c'est ce qui est arrivé. On doit remarquer en second lieu, que les nuages orageux avaient leur centre d'action sur l'intérieur de l'île et s'étendaient à peine, en ce moment, jusqu'au Rhin.

Un argument irréfutable d'ailleurs, résulte des déclarations de MM. Bonnet, Thomas et Doujoux, qui ont vu la masse électrique par laquelle a été foudroyé le marronnier A, passer presque horizontalement devant le bâtiment de la Douane.

Deuxième hypothèse. La foudre est tombée sur les paratonnerres et, partant du milieu du conducteur, a été frapper le marronnier A. Cette hypothèse était évidemment la conséquence des affirmations des témoins précédents; mais elle ne peut, pas plus que la première, résister au plus simple examen; le conducteur était en

[1] Le coup de tonnerre entendu à l'Hôpital civil, répond au coup de foudre qui a frappé le peuplier de la Maison-Blanche; le coup beaucoup plus faible du pont du Rhin a dû être à peine appréciable à l'Hôpital civil.

[2] De la position occupée par M. Enders, près du cimetière Saint-Urbain, il est impossible de voir Kehl, qui est masqué par les arbres de l'Ile du Rhin.

communication avec le sol; les paratonnerres n'ont pas été foudroyés [1], car l'examen des pointes n'indique pas la moindre trace de fusion, et, enfin, dans cette hypothèse, eu égard à la proximité des paratonnerres et du marronnier A, les deux coups explosifs se seraient confondus pour les témoins, ce qui n'a pas eu lieu.

Troisième hypothèse. Le coup de foudre de la Maison-Blanche, qui est resté ignoré, parce que celle-ci est complétement isolée, étant connu, on pourrait supposer deux coups de foudre simultanés ou très-rapprochés, dont l'un a frappé le peuplier I de la Maison-Blanche, et l'autre le marronnier A. Mais MM. Hatt et Enders n'ont vu, chacun, qu'un éclair qui leur semblât foudroyant, et, dans cette hypothèse, il faudrait nier, ce qui est impossible, les témoignages de MM. Eisser, Royer, Bonnet, Thomas et Doujoux.

Quatrième hypothèse. La foudre a frappé d'abord un autre peuplier que celui de la Maison-Blanche, puis s'est portée sur celui-ci, et, continuant son chemin, a fini, en éclatant sur le marronnier A. Dans cette hypothèse, on aurait entendu trois coups de tonnerre, et les témoins, qui ont été attentifs au bruit, n'en signalent que deux; j'ajoute que l'île du Rhin étant traversée constamment et dans tous les sens par les douaniers, si un autre arbre que le peuplier I et le marronnier A avait été foudroyé le même soir, j'en aurais été informé.

Ces diverses hypothèses doivent donc être abandonnées.

Marche de la foudre. L'éclair foudroyant en zigzag, observé par M. Hatt, est unique et aboutit à l'île du Rhin en un point, qui n'a pu être précisé. M. Enders a vu deux éclairs: l'un en zigzag, très-élevé, que j'écarte, car il n'a éclaté que dans les nuages; le second, rectiligne, vertical, paraissant aboutir aux arbres de l'île du Rhin : c'est un coup foudroyant. Les deux éclairs foudroyants aperçus par MM. Hatt et Enders forment-ils deux éclairs distincts ou doit-on les confondre? La réponse à cette question est facile.

Les témoignages de MM. Faller, Schleffer, Eisser et Papier s'accordent sur ce point, qu'il y a eu deux coups de tonnerre; or l'un d'eux provient certainement, comme on le verra, de l'éclair de troisième classe ou *globe de feu*, qui a éclaté sur le marronnier A sans venir du nuage; reste donc un autre coup de tonnerre, mais un coup *unique* répondant à un éclair foudroyant unique, vu à la fois par MM. Hatt et Enders. Quant à la différence que présente cet éclair pour les deux observateurs, on l'explique en admettant que M. Enders était sensiblement dans le plan vertical dans lequel se trouvait fortuitement le sillon lumineux [2].

[1] Je dois faire remarquer qu'on n'a pu me citer personne qui eût vu la foudre tomber directement sur ces paratonnerres ou sur le marronnier A.

[2] MM. Hatt et Enders, eu égard à leur distance de l'Ile du Rhin, à la faible intensité lumineuse de l'éclair de troisième classe, et au passage de celui-ci à travers les arbres, n'ont pu l'apercevoir.

Quel arbre, cet éclair qui était, d'après le récit des deux témoins, incontestablement un éclair de première classe, a-t-il frappé ? Le peuplier I (pl. III) ([1]) situé près de la Maison-Blanche. Quoique personne dans le voisinage n'ait vu tomber la foudre directement du nuage sur cet arbre, ce qui s'explique par ce qu'il est environné d'arbres assez élevés, de tous les côtés, on ne peut faire aucune autre hypothèse.

Comme il n'y a qu'un coup foudroyant provenant d'un éclair de première classe, et qu'à l'exception du marronnier A, aucun autre arbre de l'île n'a été foudroyé le même soir que le peuplier I; que si cela avait pu avoir lieu, on aurait entendu aux environs du pont de Kehl trois coups foudroyants au lieu de deux; on peut affirmer avec certitude que l'éclair de première classe, vu par MM. Hatt et Enders, a frappé le peuplier I.

Mais ce coup n'est que la première phase du phénomène; voici la seconde.

Un éclair de troisième classe, de la dimension d'un boulet de 12, part, selon la déclaration de M. Eisser, du peuplier I, ou de son voisinage, passe presque horizontalement à travers les arbres de l'île, arrive, à une hauteur de 10 mètres environ, devant et très-près du bâtiment de la Douane, où il est aperçu par M. Royer fils; puis chemine devant le conducteur des paratonnerres, devant le pavillon du corps-de-garde où se trouve le ratelier qui contient les fusils du détachement de garde au pont, est remarqué par MM. Bonnet, Thomas et Doujoux, qui le voient se diriger vers le marronnier A et y éclater. Le globe de feu illumine, en se divisant, la partie supérieure de ce marronnier, selon M. Strub; la matière électrique ([2]) descend manifestement le long du tronc, en séchant les feuilles les plus voisines sur son passage, et se divise d'abord en deux parties, dont l'une, longeant le tronc, va noircir le pied du marronnier A; l'autre se dirige de A''' (pl. II) vers les schakos de Pagès et de Tournier, et se divise elle-même en deux portions, la plus forte descendant entre eux et d'après leur position relative, donnant lieu aux lésions de gauche, si graves, de Pagès, et aux lésions moins étendues, de droite, de Tournier. Le fluide descendu entre eux s'écoule par les pieds et par le fourreau de Pagès dans le sol. Le trou très-développé du shako de Tournier laisse supposer que celui-ci, ayant la tête légèrement inclinée vers la terre, la deuxième portion a éclaté entre la plaque du schako et le fourreau, sans léser, d'ailleurs, le côté gauche d'une manière appréciable. Le fluide électrique arrivé au fourreau par les deux traces de fusion de la face interne, en est sorti par les deux traces de la face externe, et a dû passer par deux étincelles, non aperçues par M. Strub, au côté droit du caporal Vernière ([3]).

([1]) Le peuplier I est l'un des plus élevés de l'île du Rhin.

([2]) C'est pour me conformer à l'usage que j'ai conservé les expressions de *matière électrique, fluide électrique*, quoique les physiciens n'admettent plus la matérialité de l'électricité.

([3]) Le banc sur lequel les trois militaires étaient assis étant en bois sec et sa surface, n'étant pas mouillée accidentellement, n'a pu transmettre le fluide au caporal Vernière.

De là le fluide a passé, en se bifurquant, par les lombes et par le scrotum[1], pour aller rejoindre le fourreau, en traversant le porte-sabre en cuir; une portion est descendue par la jambe et a gagné le sol par le pied gauche; une autre partie a, sans doute, éclaté entre la pointe du fourreau et le sol, sans donner lieu toutefois à aucune trace de fusion au bouton.

Vitesse approchée de l'éclair de troisième classe. Après avoir établi la marche générale du fluide électrique, il convient de déterminer la vitessse de l'éclair de troisième classe, dans le cas actuel. Il suffira, pour l'obtenir, de discuter et d'interpréter les récits des témoins. — Il paraît évident que l'instant où le peuplier I a été frappé, est précisément celui où l'éclair de troisième classe a commencé à se mettre en mouvement dans la direction I A (pl. III). Ceci étant admis, ou l'éclair de troisième classe a été plus vite que le son, ou il a été moins vite.

Je vais démontrer qu'il a été plus vite.

Une première preuve à l'appui, c'est que le caporal Vernière a été frappé, sans avoir entendu aucun coup de tonnerre, et il en aurait entendu un évidemment, celui du coup de foudre de la Maison-Blanche, si le son s'était propagé plus rapidement que le météore électrique qui venait du même point. En second lieu, M. Eisser n'a entendu le premiere coup de tonnerre, le plus fort de beaucoup pour lui, qu'après le passage du globe igné devant le bâtiment de la Douane. Or il est facile d'établir qu'il l'aurait entendu avant ce passage, si la vitesse de la foudre globulaire avait été plus faible que celle du son. En effet, la distance M I (pl. III) du peuplier foudroyé à la maison habitée par M. Eisser étant de 960 mètres, le temps qu'emploiera le bruit du tonnerre pour franchir cette distance, sera en secondes, en adoptant 340 mètres pour la vitesse moyenne du son dans l'île du Rhin, $\frac{960^m}{340^m} = 2{,}82$.

Le temps employé par l'éclair de troisième classe pour franchir la distance du peuplier I au bâtiment de la Douane, s'obtiendra de la manière suivante. Dans l'hypothèse que le son a été plus vite que le globe fulminant, le premier des deux coups entendus par MM. Faller, Schæffer et Papier est celui du bruit provenant du coup de foudre qui a frappé le peuplier I, et le deuxième coup, en retard d'une seconde sur le premier, serait celui de la foudre globulaire; il en résulterait, la distance I A étant égale à 840^m, que le bruit du coup qui a frappé le peuplier I serait arrivé aux témoins qui étaient dans le voisinage de la Douane, après un temps, en secondes, représenté par $\frac{840^m}{340^m} = 2{,}47$, tandis que le temps employé par la foudre en boule pour franchir la

(1) L'action de l'électricité sur le scrotum des trois victimes est un fait intéressant, que je ne puis m'expliquer qu'en supposant la surface de l'organe exceptionnellement humide au moment de l'accident et par conséquent conductrice.

même distance I A, serait égale au précédent, augmenté d'une seconde, c'est-à-dire de $3^s,47$. — Ceci étant, si on retranche 80 mètres de la distance I A, on aura à peu près la distance du peuplier I au bâtiment de la Douane, c'est-à-dire 760 mètres, et le temps qu'emploierait la foudre globulaire(1) à parcourir cette distance, sera donné par la proportion $\frac{x^s}{3^s,47} = \frac{760^m}{840^m}$; d'où $x = 3^s,14$. — Il résulte de là que l'éclair de troisième classe aurait mis plus de temps pour arriver du peupler I au bâtiment de la Douane qu'au son pour franchir la distance I M du peuplier I à la maison de M. Eisser, le premier étant de $3^s,14$, le second de $2^s,82$. Le contraire ayant eu lieu, il faut en conclure que cet éclair a été plus vite que le son. MM. Faller, Schæffer, Papier ont donc entendu, en premier lieu, l'explosion de l'éclair de troisième classe qui s'est produite sur le marronnier A, et, une seconde après, le bruit de l'éclair de première classe qui avait frappé le peuplier I. Il résulte de là, que le temps employé par l'éclair de troisième classe pour franchir l'espace I A (pl. III), est égal à $2^s,47 - 1^s = 1^s,47$, et par suite la vitesse du météore est de $\frac{840^m}{1,47} = 571^m,4$ par seconde (2).

Pour apprécier le temps écoulé, pour M. Eisser, entre le premier coup et le deuxième, il suffit d'ajouter à $1^s,47$ le rapport $\frac{M A}{340^m} = \frac{850^m}{340^m}$ ou 2,57 estimé en secondes, ce qui donne $4^s,04$ pour le temps écoulé depuis le moment du départ de l'éclair de troisième classe vers le marronnier A, jusqu'à l'instant où le bruit de son explosion revient à l'oreille de M. Eisser. Mais comme depuis le même moment il avait fallu, au bruit de l'éclair de première classe, pour arriver à M. Eisser, $2^s,82$, l'intervalle entre les deux bruits est de $4^s,04 - 2^s,82 = 1^s,22$.

Avant de quitter ce sujet, je dois faire une observation sur les différences des impressions produites par les bruits des éclairs, selon la position des témoins. Quoique le coup de foudre qui a frappé le peuplier I ait été sans contredit beaucoup plus fort que le coup qui a frappé le marronnier A, on s'explique facilement, en tenant compte des distances, pourquoi le premier coup a paru plus fort à M. Schæffer, pourquoi le second a paru plus faible à M. Eisser et présentant le caractère de celui entendu en premier lieu par MM. Schæffer et Papier (3). On comprend sans peine que M. Perché

(1) La trajectoire du globe de feu étant plus grande que la projection horizontale dont nous venons de nous servir, quoique peu différente d'elle, cette valeur de x n'est qu'approchée ; mais sa valeur exacte ne modifierait pas la conclusion qui va suivre.

(2) Cette vitesse n'est évidemment qu'une vitesse moyenne, *approchée*, parce que nous ne connaissons exactement ni la grandeur de la trajectoire ni le temps pendant lequel elle a été parcourue.

(3) On remarquera que MM. Schæffer et Papier ne sont pas d'accord sur les intensités relatives du premier et du second coup.

et les habitants de la Maison-Blanche n'aient entendu qu'un seul coup, le deuxième n'étant pas appréciable pour eux à la distance où il s'est produit, surtout après l'impression produite par le premier. Quant à M. Mœwes, selon toute probabilité, par sa position sur la route de Kehl, il a dû entendre simultanément les deux coups.

Théorie de la formation de l'éclair de troisième classe. Il résulte, si je ne m'abuse de la discussion à laquelle je me suis livré, qu'un éclair de première classe, après avoir frappé un peuplier, a été suivi d'un éclair de troisième classe, qui a cheminé de ce peuplier ou de son voisinage jusqu'à un marronnier, qu'il a foudroyé.

Il y a là, pour la science, un fait digne de remarque, sur lequel je crois devoir insister, parce qu'il me paraît fournir quelques lumières sur la foudre globulaire, qu'on n'a pas réussi à expliquer jusqu'à ce jour.

Je ne pense pas qu'on puisse admettre que l'éclair de première classe se transforme directement en éclair de troisième classe; car nous ne connaissons aucun fait qui vienne à l'appui de cette conjecture.

Je vais donc, sans donner d'ailleurs une grande valeur à mon hypothèse, avant que l'expérience et de plus amples observations l'aient justifiée, chercher à rendre compte de la formation de l'éclair de troisième classe, dans le cas particulier (1).

Mais je rappellerai d'abord deux faits bien connus, le premier établi par Volta, pour expliquer la formation de la grêle, et qui consiste dans l'attraction et l'élévation, malgré leur poids, de corps bons conducteurs placés au-dessous d'un corps électrisé; le second se rapporte à une expérience de Tralles, confirmée par Volta, et dont Belli me semble avoir donné la vraie raison. Tralles trouva que les gouttelettes qui se séparent des cascades du Staubbach et du Reichenbach donnent des signes d'électricité négative. Volta s'assura plus généralement qu'une chute d'eau quelconque offre, dans les gouttelettes qui sont dispersées par le vent, le même phénomène. Belli a admis que l'atmosphère qui est presque toujours électrisée positivement, agit, par induction, sur l'eau, qui devient négative; les gouttelettes qui se séparent de la masse sont donc chargées d'électricité négative.

Lorsque les nuages orageux venant du sud-ouest sont arrivés, assez bas probablement, sur l'île du Rhin, ils ont agi par influence sur le sol qui était au-dessous d'eux. Si nous admettons qu'ils fussent électrisés positivement (2), le sol s'est trouvé électrisé négativement, ainsi que les masses d'eau qui sont à sa surface et les arbres qui le recouvrent; et si, aux environs de la Maison-Blanche, les nuages étaient très-rapprochés du sol et fortement électrisés, ils ont pu, un instant avant que le peuplier I fût frappé,

(1) On généralisera mon explication sans difficulté; néanmoins je ne prétends pas exclure d'autres modes de formation de la foudre globulaire.

(2) Le raisonnement serait le même, s'ils l'étaient négativement, selon les idées de Peltier.

agiter l'eau de la mare voisine, soulever énergiquement une portion minime de cette eau, fortement électrisée d'ailleurs et négativement; mais au moment où elle se dirige vers le nuage le plus rapproché, un coup de foudre, éclair de première classe, analogue aux étincelles de nos machines, éclate entre ce nuage, qui a continué à se rapprocher du sol par l'attraction de celui-ci, et le peuplier I.

Ce nuage déchargé, partiellement du moins, n'agit plus assez énergiquement sur la masse d'eau soulevée pour l'élever jusqu'à lui et la neutraliser. Cette masse fortement électrisée, qui, en obéissant aux forces moléculaires, doit prendre d'ailleurs une forme sensiblement sphérique, se trouve alors dans l'atmosphère à une hauteur plus ou moins grande, animée d'une certaine vitesse, soutenue par les nuages supérieurs que le coup de foudre n'a déchargés que partiellement, et repoussée par le sol, qui a la même électricité qu'elle. Elle ne va pas éclater contre les arbres voisins, au milieu desquels elle passe, parce qu'ils sont électrisés négativement comme elle et la repoussent; elle pourrait encore descendre, arriver près de la surface du sol, et, comme certains observateurs l'ont remarqué, paraître rebondir, parce que celui-ci est électrisé négativement, ou plutôt alors, parce que, dans le mouvement général des nuages orageux, il en est de plus électrisés qui viennent à passer au-dessus d'elle et la soulèvent de nouveau.

Mais il se présente, ordinairement au bout de peu de temps, l'un de ces deux cas:

1° Un nouveau coup de foudre diminue beaucoup l'électricité des nuages ;

2° Les nuages se déplacent horizontalement par rapport au globe fulminant, ou celui-ci par rapport à eux.

Par conséquent, dans les deux cas, l'action des nuages sur le globe fulminant et sur le sol, s'affaiblissant beaucoup, il devra arriver que la sphère d'eau électrisée, obéissant de nouveau à l'action de la pesanteur, se rapprochera du sol ou des corps élevés plus voisins d'elle, qui, revenus à l'état naturel, l'attireront alors et lui prendront son électricité, en déterminant une rupture instantanée d'équilibre de la masse entière et par suite une explosion.

Dans le cas actuel, la foudre globulaire partant du voisinage du peuplier I, a été animée d'un mouvement très-rapide, elle a obéi à l'action de la pesanteur; elle a passé à travers les arbres, sans être arrêtée; elle a été vraisemblablement plus vite que les nuages, d'après les déclarations des témoins qui affirment que le ciel était peu chargé au-dessus du Rhin au moment de l'accident; elle a passé avec une grande vitesse à quelques mètres du conducteur du paratonnerre et des armes du corps-de-garde, en a peut-être été influencée dans sa marche, sans qu'on l'ait observé, et a été éclater sur le marronnier A, qui était dans sa direction et peut-être à l'état naturel.

Je ferai remarquer à l'appui de l'explication qui précède:

1° L'agitation très-vive de l'eau de la mare près du peuplier I, constatée par le brigadier PERCHÉ et par tous les douaniers présents.

2° La faible intensité lumineuse du globe fulminant vu par M. EISSER, et qui a été comparée par lui à un boulet rouge.

3° Les brûlures de forme circulaire des visages de PAGÈS et de TOURNIER.

4° La facette de fusion, en forme de goutte d'eau, du fourreau de PAGÈS.

Si cette explication était fondée, il faudrait en conclure que la foudre globulaire se produit, en général, dans les lieux où se trouvent des masses d'eau plus ou moins étendues, et vraisemblablement quand il se trouve près d'elles des arbres élevés qui peuvent être le but d'un éclair de première classe.

De la commotion éprouvée par un certain nombre de témoins. Il est naturel de se demander si la commotion éprouvée par un certain nombre de témoins peut être considérée comme un phénomène de *choc en retour*. Je vais dire les raisons qui me portent à répondre négativement à cette question.

La première et la principale d'entre elles, c'est que la douleur qu'on éprouve dans les articulations par le fait d'un mouvement d'électricité dans le corps, mouvement qui se produit de la tête aux pieds quand on est debout, dans le cas du *choc en retour*, ne m'a été signalée par personne. La seconde, c'est qu'un certain nombre de témoins, les uns au dedans des habitations, les autres au dehors, n'ont rien éprouvé. M. MŒWES, qui a dû subir, par sa position sur la route de Kehl, l'impression la plus forte, déclare positivement n'avoir rien éprouvé qui ressemblât à une secousse électrique. D'autre part, des personnes qui paraissaient, du moins en partie, protégées contre les effets du *choc en retour*, parce qu'elles étaient dans le bâtiment de la Douane, (Mme ROYER, M. SCHLEFFER et un certain nombre de soldats du poste) ont été impressionnées, tandis que Mme SCHMITTEN, dans la salle d'attente des bains du Rhin (rive droite), à deux pas de son mari, qui était vivement éprouvé, ne l'a pas été. J'ajouterai à ces raisons un fait personnel.

Un orage éclatait assez brusquement à Strasbourg, il y a quelques années ; je ne puis plus en préciser la date. Je m'étais refugié, ainsi que d'autres personnes, dans l'allée d'une maison voisine de la place Kléber, quand un coup de tonnerre violent se fit entendre. Je n'ignore pas qu'il n'y a plus rien à craindre d'un coup de foudre quand on en a vu l'éclair et que le bruit du tonnerre se perçoit, et cependant, je baissai la tête et le haut du corps, et je m'aperçus que plusieurs personnes en faisaient autant. L'impression très-vive que j'éprouvai, en cette circonstance, ne ressemblait en rien aux secousses électriques que, par profession, j'ai l'occasion de recevoir quelquefois. Je crois donc que les commotions éprouvées par un certain nombre de témoins sont le résultat d'une action nerveuse différente de celle que produit le *choc*

en retour. Cette action, transmise plus vite que la pensée, détermine un mouvement instinctif, un ébranlement plus ou moins violent selon les organisations, et peut donner lieu à une fatigue générale de plusieurs heures ou de plusieurs jours de durée.

Je ferai remarquer, en terminant, que les animaux peuvent être vivement impressionnés dans les mêmes circonstances, comme le montrent la chute du chien de M. Schwester et le tremblement du cheval attelé à la voiture prise par M. Mœwes.

Odeur après les coups foudroyants. On a pu remarquer, d'après les récits des témoins, que les uns n'ont rien senti ou n'ont rien remarqué; les autres au contraire ont constaté une certaine odeur.

On sait que, traditionnellement, on appelle *odeur de soufre* (1) l'odeur qui se manifeste dans les lieux frappés par la foudre, immédiatement après le coup. Cette odeur ne peut être contestée, mais le nom sous lequel on l'a désignée est mal choisi; car elle n'a pas de rapport avec celle de l'acide sulfureux. Cette odeur rappelle celle de l'*ozone* (2), mêlée à celle de l'acide hypoazotique, qui se forme dans les mêmes circonstances; mais elle doit comprendre aussi l'odeur de l'ammoniaque et des produits empyreumatiques qui proviennent des combustions des matières organiques animales ou végétales, qui se produisent dans bien des cas de foudre. Elle est donc complexe et peut n'être pas toujours la même, selon la prédominance des éléments qui la constituent.

La seule observation précise que nous ayons dans le cas actuel, est celle de M. Schæffer, qui a constaté l'odeur de l'*ozone*.

Faits particuliers. Je n'ai plus à revenir sur les phénomènes de fusion ou de magnétisme dus à l'action de la foudre; je les ai établis, en détail, à la fin du § 5. Mais je veux signaler en terminant ce paragraphe :

1° L'élévation de température éprouvée, au moment du coup de foudre qui a frappé le peuplier I, par le brigadier Perché et par les douaniers présents à la Maison-Blanche, au même moment;

2° Le bruit analogue à celui de sable projeté contre les volets, entendu, dans la cuisine de M. Faller, C (pl. I) et qui se rattache, peut être, au passage du globe fulminant dans le voisinage.

3° Les courants d'induction qui se sont produits sur les rails du chemin de fer, qui me paraissent très-probables, quoiqu'aucun témoin direct ne me les ait affirmés ;

(1) C'est-à-dire odeur d'acide sulfureux, car le soufre n'a pas d'odeur appréciable.

(2) Oxygène électrisé.

4° Le bruit de lanières du paquet de fils du télégraphe de Kehl, qui semble indiquer un raccourcissement de ces fils, au moment de la naissance des courants d'induction dont ils ont été le siége, courants prouvés par la remarque de Mlle Ross, sur l'incandescense des fils du paratonnerre télégraphique (1).

§ 7.

CONCLUSIONS.

1° Un éclair de première classe a frappé, à 7 heures 7 minutes du soir (heure de Strasbourg), le 13 juillet 1869, un peuplier d'Italie I, situé près de la Maison-Blanche L, dans l'île du Rhin (pl. III).

2° De ce peuplier ou de son voisinage est parti, au même instant, un éclair de troisième classe, dont la trajectoire a dû s'écarter assez peu des projections I A (pl. I, II et III), et qui, passant devant le bâtiment de la Douane, est venu éclater sur le marronnier d'Inde A (pl. I et II).

3° La matière électrique est descendue le long du tronc de cet arbre, de A'' en A''' (pl. II), en séchant les feuilles sur son passage; s'il s'en est écoulé par le tronc, celui-ci n'en a pas souffert.

4° A $2^{m},30$ du sol, au bas des feuilles, en A''' (pl. II) la matière électrique s'est divisée; une partie s'est rendue dans le sol, le long du tronc dont elle a noirci le pied en A'; une deuxième partie, se portant vers un banc placé à la droite du marronnier (2), s'est dirigée vers la partie antérieure et métallique des schakos de deux soldats qui étaient assis sur ce banc et s'est bifurquée; une fraction est descendue entre eux, en donnant lieu à des brûlures et à des lésions diverses, à la gauche du premier (3), et à la droite du second, et est sortie par le pied gauche du premier, par le pied droit du second et par la pointe du fourreau de sabre du premier; l'autre fraction a été

(1) J'ai la conviction que beaucoup de coups de foudre ont présenté des particularités analogues à celles qui sont consignées dans ce travail, mais non reconnues, parce qu'ils n'ont pas été soumis à une enquête rigoureuse.

J'espère que, si d'autres observateurs veulent se donner la peine que j'ai prise moi-même, le phénomène que j'ai étudié paraîtra moins rare, et, ceci admis, que beaucoup de faits, inexpliqués encore, s'interpréteront d'une manière satisfaisante

J'ajoute qu'on ne dira plus du tonnerre qu'il produit des effets *bizarres* ou *capricieux*; ces expressions voilent notre ignorance. Il n'y a rien de bizarre ni de capricieux dans la nature. Quand le tonnerre aura été étudié avec le soin qu'on met à l'examen des autres faits physiques, quand la science aura éclairci, par ses recherches, certaines difficultés qui nous arrêtent encore, on s'apercevra que tous les effets de la foudre ne sont que des cas particuliers des phénomènes généraux de l'électricité.

(2) En regardant le marronnier de la route du Rhin.

(3) Les numéros d'ordre 1, 2, 3, sont ceux de la figure supplémentaire de la planche I.

frapper, en traversant à gauche la visière en cuir du shako du second, le fourreau de sabre qu'il portait, d'où elle a passé à travers l'air, sur la cuisse droite du troisième, et de là, par les lombes et par le pubis, sur le fourreau, rejoignant le sol par le pied gauche et peut-être par la pointe du fourreau.

5° La vitesse moyenne de l'éclair globulaire, du peuplier I de la Maison-Blanche L au marronnier A, est approximativement égale à 571m,4 par seconde.

6° Cet éclair a passé à travers les arbres de l'île du Rhin, sans en être arrêté.

7° Il a passé devant le conducteur des paratonnerres du bâtiment de la Douane, sans se diriger vers lui.

8° Il a passé devant les fusils qui étaient au ratelier du corps-de-garde, sans que sa direction ait été sensiblement modifiée.

9° Des trois militaires foudroyés, deux atteints à la tête sont morts; le premier, sur le coup; le second, qui a conservé des battements de cœur faibles et irréguliers, après dix minutes environ; le troisième, qui n'a été atteint que dans la partie inférieure du corps, à partir des lombes et du pubis, a survécu.

10° Le troisième, après avoir été renversé, comme ses deux camarades, derrière le banc, est resté sans connaissance pendant quelques secondes, et a déclaré n'avoir ni vu l'éclair, ni entendu le tonnerre.

11° Les cheveux et les poils des sourcils, des cils et de la moustache des deux premiers ont été partiellement brûlés; la peau a été brûlée chez tous les trois, et les brûlures sont de forme variée; celles de la face, qui sont ponctuées, méritent d'être signalées.

12° Aucune lésion du système nerveux n'a été constatée dans l'autopsie des deux premiers.

13° Les trois militaires atteints présentaient une lésion du scrotum.

14° Les vêtements ont été le siége d'actions mécaniques et physiques; le drap, la toile ou la cretonne ont été roussis par places, et, dans certains endroits, percés d'un trou rond; le cuir de deux schakos et d'un porte-sabre présente des trous qui rappellent ceux de l'expérience du perce-carte; le cuir de certains souliers est déchiré et paraît avoir été roussi.

15° Les pièces métalliques présentent des traces de fusion plus ou moins étendues; les plus remarquables sont celles du fourreau de sabre du militaire qui était appuyé contre le marronnier A.

16° Des modifications curieuses du magnétisme primitif des fourreaux de sabre ont été la conséquence de l'explosion du globe fulminant. L'un d'eux a reçu une aimantation transversale; un autre a eu ses pôles renversés; ils ont perdu leur force coercitive, dans les parties de la surface où l'acier a été fondu.

§ 8.

Précautions à prendre pendant un orage.

L'étude physique du coup de foudre de l'île du Rhin se termine au paragraphe précédent, et je pouvais me dispenser de lui donner plus d'étendue; j'ai pensé cependant qu'il ne serait pas sans utilité, à l'occasion de ce travail, de rappeler les précautions dont il faut user pour se garantir de la foudre pendant un orage.

Je prendrai Franklin et Arago pour guides dans ces recommandations, qui ne sont, à proprement parler, que l'énoncé des circonstances diverses dans lesquelles se sont trouvés les individus atteints par la foudre.

Je les résume rapidement:

1° Éviter de se placer sous les arbres, et particulièrement sous les arbres élevés.

2° Ne pas se mettre à l'abri sous les édifices ou sous les batîments élevés, non munis de paratonnerres; se garder de rester sur le pas d'une porte, sous une porte cochère ou sous un auvent.

3° Rester à une assez grande distance des fils des poteaux télégraphiques, des fils de sonnette et des chéneaux.

4° Déposer, quand on est en plein air, les pièces métalliques qu'on peut avoir sur soi (armes, faux, bêches etc.), et s'en éloigner.

5° S'éloigner des voitures.

6° Si les nuages orageux sont très-bas et au-dessus du lieu où on se trouve, se coucher momentanément, s'il n'y pas d'arbres ou d'autres objets élevés dans le voisinage.

7° Sur une route plantée d'arbres qui ont à peu près la même hauteur, prendre le milieu, ou mieux encore, si le terrain le permet, s'éloigner de l'un ou de l'autre côté.

8° En rase campagne, s'éloigner des objets qui peuvent faire saillie, comme les meules de foin, les poteaux télégraphiques, les poteaux indicateurs etc.

9° Quand on sera à cheval ou en voiture, on fera bien d'en descendre, d'attacher son cheval à un arbre peu élevé ou à un poteau, et de s'en éloigner.

10° Dans les habitations, on doit s'éloigner des cheminées, des tuyaux de poêle, des lits en fer, des parties du bâtiment où se trouvent de fortes masses métalliques (machines à vapeur, pièces métalliques pour usines, etc.), même des cadres dorés, et des bibliothèques dont les livres sont reliés ([1]).

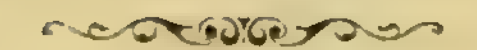
([1]) Je tiens de M. Favet, censeur au Lycée de Nevers, qu'un coup de foudre tomba, au mois de juillet de cette année, sur la prison de Lauterbourg, d'où la matière électrique passa, par le toit, dans la maison voisine, habitée par son père, et pénétra dans un cabinet où se trouvait une bibliothèque, enleva leur dorure à un assez grand nombre de volumes, noircissant un peu les dos et déchirant quelques-uns d'entre eux.

11° Fermer les fenêtres, ne pas rester près d'elles, ne pas se placer entre la cheminée et une fenêtre; se maintenir ou se rendre dans les pièces de l'habitation qui sont orientées en sens contraire de l'orage.

12° Sur un navire, s'éloigner des mâts et de la machine à vapeur.

Ces recommandations se déduisent de l'ensemble des faits connus aujourd'hui et pourront se compléter par l'étude ultérieure des phénomènes de la foudre.

30 septembre 1869.

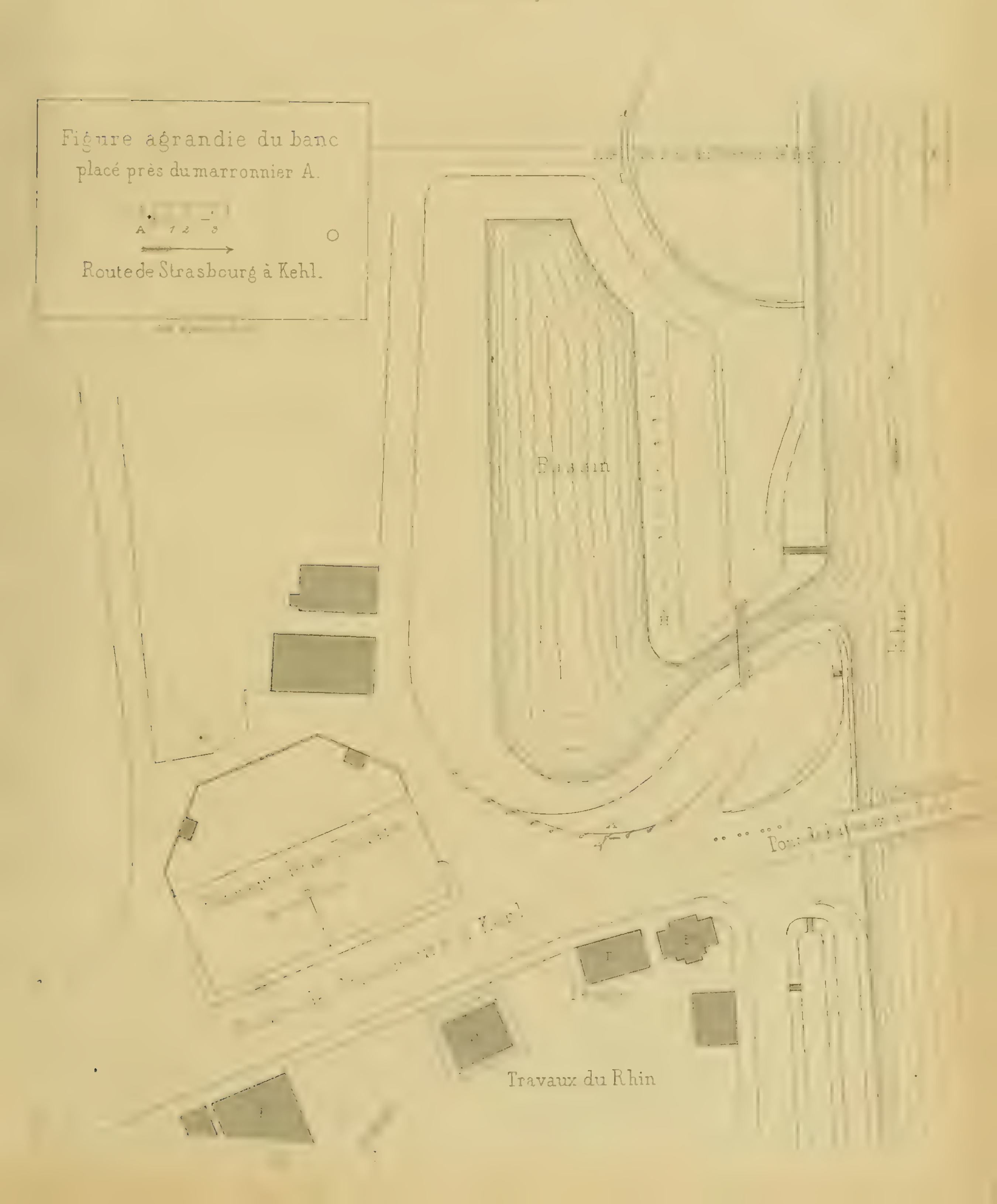


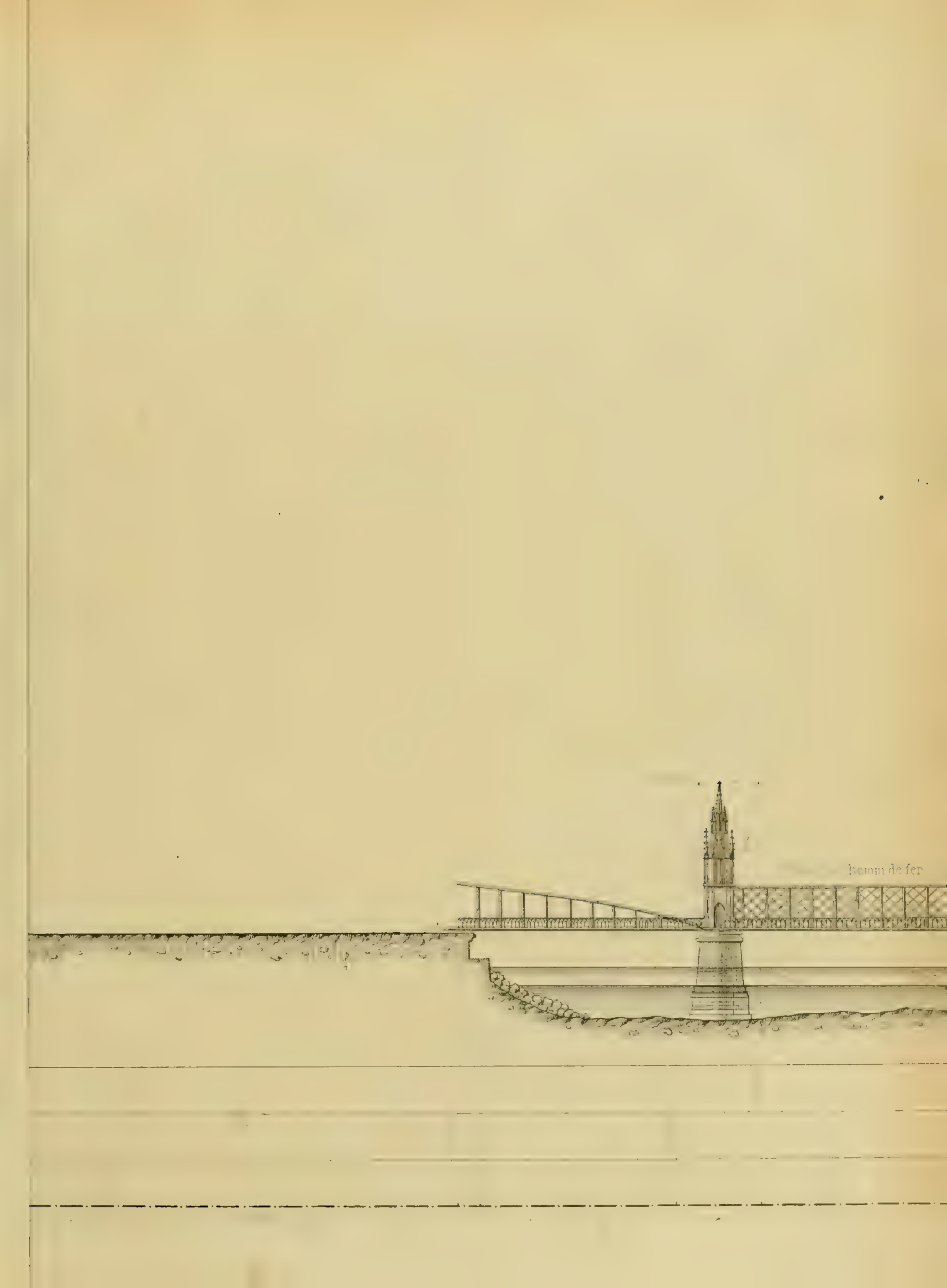
ERRATA.

Page 283, ligne	1, au lieu de :	Longitude de Paris,	lisez :	*Longitude*
288, »	32, »	est,	»	*était*
292, »	22, »	est,	»	*était*
297, »	7, »	0^m,02,	»	0^{mc},02.
» »	26, »	0^m,01,	»	0^{mc},01.
300, »	32, »	ne renfermaient.	»	*ne renferment.*
301, »	17, »	se trouvent.	»	*se trouvaient.*
305, »	13, »	le marronnier.	»	*ce marronnier.*
316, »	4, »	de lui donner plus d'étendue,	»	*de donner plus d'étendue à cette notice*

par Mr FALLER, Conducteur principal des Ponts & Chaussées attaché au Service des Travaux du Rhin

Echelle de 0m001 par Mètre




hemin de fer


ROFIL EN LONG DES ABORDS DU PONT DE KEHL
ude du 13 Juillet
Conducteur principal des Ponts & Chaussées attaché au Service des Travaux du Rhin
A
A
A

de Foudre du

de la Carte de l'Ile du Rhin dressée par M. [illegible] Conducteur principal des Ponts & Chaussées att[illegible]

à l'Echelle de [illegible] par Mètre

Rhin

Pont de Bateaux

Pont du Chemin-de-fer

[illegible]che IV.

Lith. [illegible] Strasb.

tiré, pour l'étude du Coup de Foudre du 13 Juillet 1869,

de la Carte de l'Ile du Rhin dressée par Mr FALLER Conducteur principal des Ponts & Chaussees attaché au Service des Travaux du Rhin

à l'Echelle de 0.0002 par Metre

Rhin

Pont de Bateaux

Pont de Chemin-de-fer

Lith. E. Simon à Strasbourg

DEPARTEMENT DU BAS-RHIN

Carte de l'orage du 13 Juillet 1869



